

Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Геолого-географический факультет
Кафедра гидрологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

канд. геогр. наук, доцент


Д. А. Вершинин
« 16 » июня 2017 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА СТОКА РЕК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

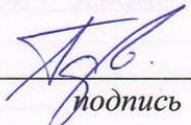
по основной образовательной программе подготовки бакалавров

направление подготовки 05.03.04 – Гидрометеорология

Багрова Алена Валерьевна

Руководитель ВКР

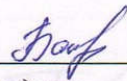
канд. геогр. наук, доцент


В. В. Паромов
подпись

« 16 » июня 2017 г.

Автор работы

студент группы № 02305


А.В. Багрова
подпись

Томск-2017

Аннотация.

В работе описаны результаты исследования рядов среднегодовых, средних за половодье и средних за межень расходов воды на однородность с помощью критериев Стьюдента и Фишера. Анализ наличия значимых отклонений нормы и вариации характеристик речного стока показал, что появление неоднородности в рядах, идентифицируемых на 5% и 95% уровне значимости, следует отнести к второй половине 80-х годов. Это свидетельствует о нарушении стационарности процесса формирования как годового стока, так и стока за половодье на части территории Российской Арктики.

Ключевые слова:

Российский сектор Арктики, речной сток, оценка однородности, динамика гидрометеорологических показателей

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	6
1.1 Географическое положение	6
1.2 Геологическое строение	8
1.3 Рельеф	9
1.4 Климат	10
1.5 Гидрологическая изученность	12
ГЛАВА 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СТОКА	17
2.1 Статистические методы анализа рядов стока	17
2.2 Проверка на однородность	17
2.3 Метод «скользящей точки» и «скользящего периода»	19
2.4 Расчет внутригодового распределения стока методом реального года при наличии гидрометеорологических данных	21
ГЛАВА 3. ИЗМЕРЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА	26
3.1 Анализ на однородность	26
3.2 Расчет ВГРС методом реального года	29
Заключение	36
Список использованных источников и литературы	37
Приложение А Исходные данные	40
Приложение Б Расчет значения критерия Стьюдента на основе «скользящей точки»	44

Введение

В последнее время число техногенных аварий связанных с природными бедствиями (засуха, наводнение и т.д.) увеличилось. Связано это с изменением климатической системы.

Наибольшую актуальность занимают вопросы о развитии моделей формирования речного стока и разработке методов оценки экономической эффективности при принятии решений в строительном проектировании.

Актуально также изучение арктических территорий для безопасности населения Российской Федерации и необходимости разработки комплекса региональных научных положений о порядке расчета статистических характеристик многолетнего стока в условиях неустановившегося климата для подготовки надежного гидрологического обоснования строительного проектирования ГТС.

Для строительства сооружений наиболее важными являются многолетние статистические характеристики стока, т.к. его характеристики используются при проектировании мостовых переходов, трубопроводов, водопропускных и водосбросных сооружений.

Речной сток в арктической зоне формируется в период весеннего половодья и характеризуется слоем за период от даты начала до даты окончания половодья.

Актуальность данной выпускной квалифицированной работы состоит в выявлении неоднородности рядов рек арктической зоны, т.к. это важно для последующих проведений гидрологических расчётов при изыскании гидротехнических сооружений.

Целью является анализ направленности изменений режима стока рек арктической зоны России.

Заявленная цель достигается решением следующих задач:

- Рассмотрением физико-географических характеристик,

- Рассмотрением статистических методов анализа гидрологического ряда стока рек арктической зоны,
- Нахождением года (даты) нарушения однородности гидрометеорологических характеристик (осадков, температуры) арктической зоны,
- Выявлением изменения внутригодового распределения стока связано с климатическими изменениями.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1. Географическое положение

Регион Арктика располагается за Северным полярным кругом, и включает в себя Северный Ледовитый океан, Гренландию, несколько островов, а также северные оконечности Европы, России (Сибири), Аляски и Канады.

Северный полярный круг – воображаемая линия, располагающаяся по координатам 66°, 30' Северной широты, и определяет южную оконечность Арктики.

Территория Арктической зоны Российской Федерации составляет 4386,6 тыс. кв. км или 25,7% от общей площади территории. Численность населения – более 2,5 млн. человек, что составляет менее 2% населения страны и около 40% населения всей Арктики[1].

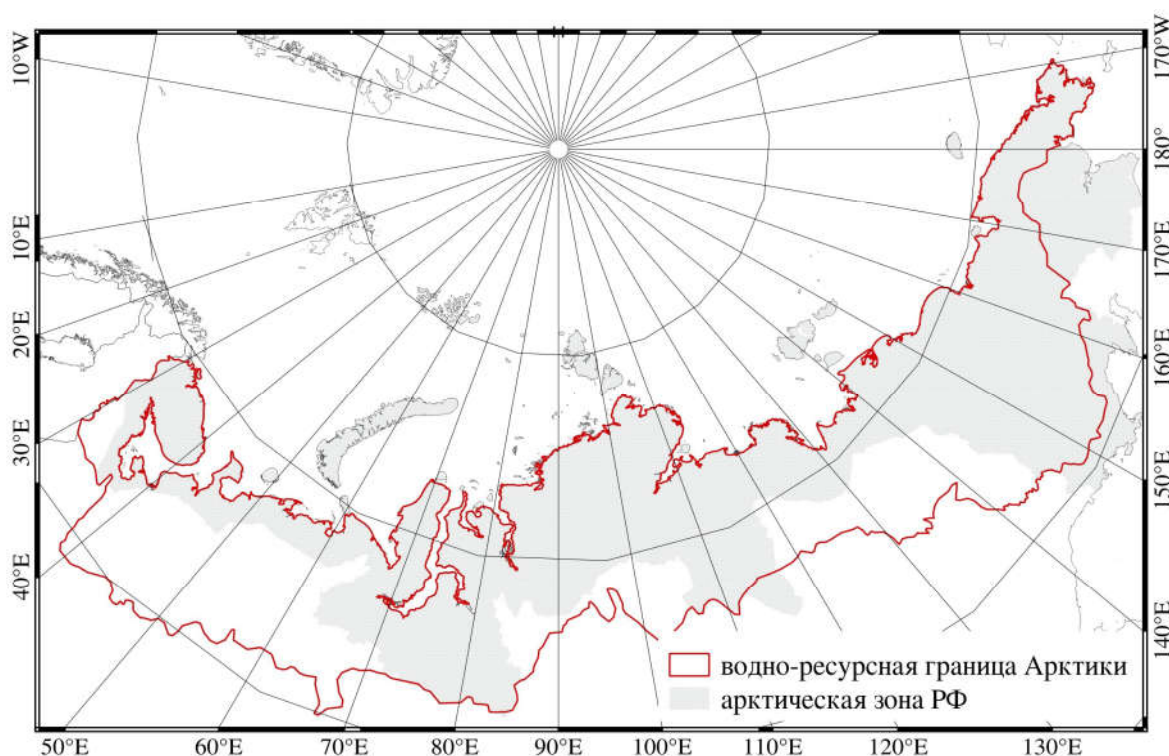


Рисунок 1– Территория Российского сектора Арктики[2].

В настоящее время в Арктическую зону полностью или частично входят территории Республики Саха (Якутия), Мурманской и Архангельской областей, Красноярского края, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных

округов, включая земли и острова¹, а также прилегающие к северному побережью Российской Федерации внутренние морские воды, территориальное море, исключительная экономическая зона и континентальный шельф. Арктической зоне Российской Федерации присущи особенности, отличающие ее от других арктических территорий зарубежных стран и территорий России [1].

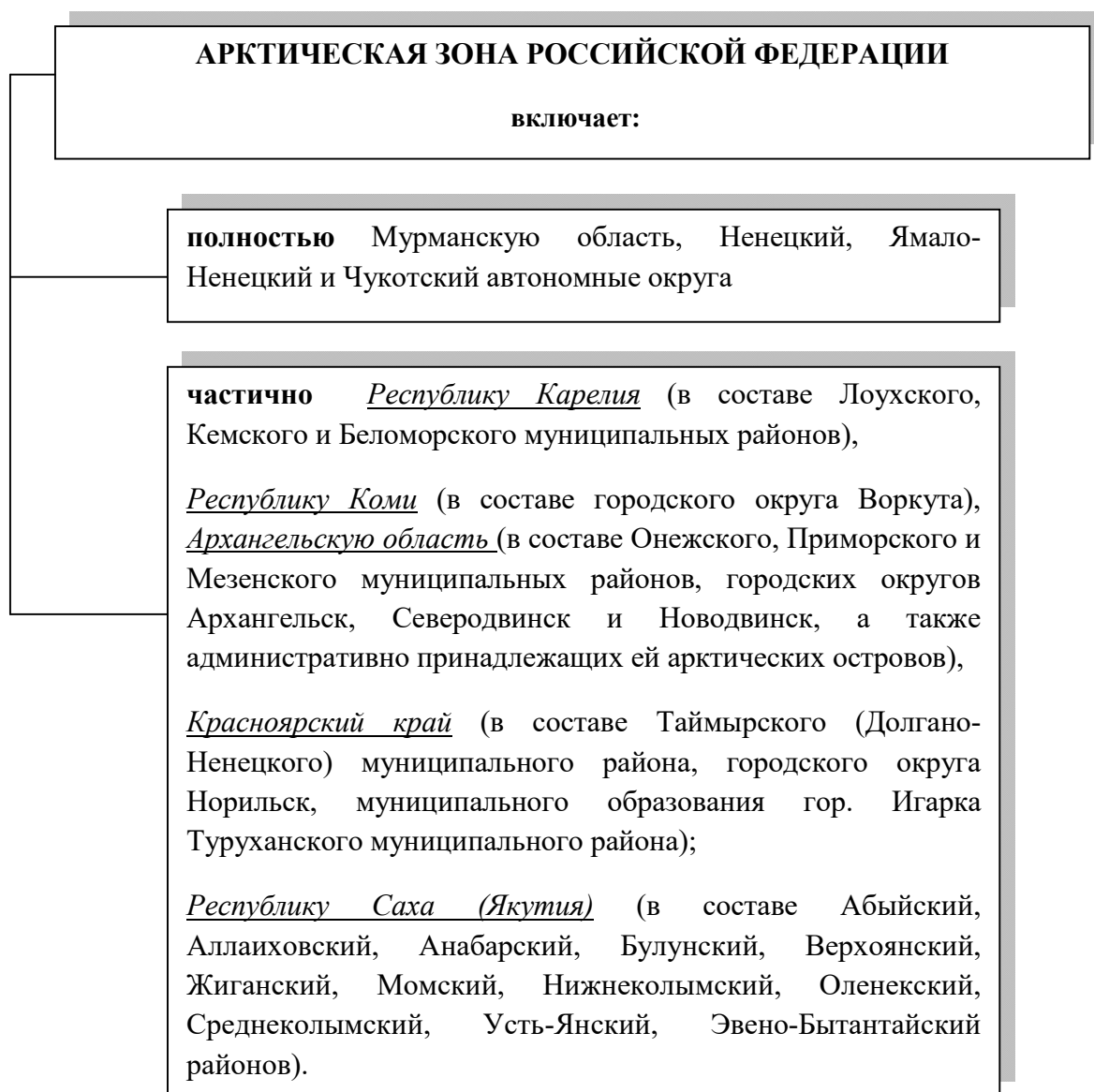


Рисунок 2 – Состав Арктической зоны РФ [3].

Особенностью российской Арктики являются, прежде всего, экстремальные условия жизнедеятельности (максимально суровые природно-

¹ Указанные в Постановлении Президиума Центрального Исполнительного Комитета СССР от 15 апреля 1926 г. «Об объявлении территорией СССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане».

климатические условия: низкие в течение всего года температуры, сильные ветры и метели, плотные туманы, вечная мерзлота, продолжительная полярная ночь и полярный день, ледяной покров морей и устьев рек в течение более полугода и т.д.), максимальная площадь, широтная протяженность, хрупкость и уязвимость природного баланса экосистем[4].

1.2 Геологическое строение

Арктика представляет собой область сочленения структур Атлантического и Тихоокеанского секторов Земли. В строении арктической суши, прилегающего шельфа и островов участвуют сложные комплексы докембрийских, палеозойских и мезо-кайнозойских отложений и магматические образования разнообразного состава. В пределы Арктика входят древнеплатформенные области, разделённые байкальскими, каледонскими, герцинскими и мезозойскими складчатыми системами.

К древнеплатформенным областям с добайкальским кристаллическим фундаментом относятся: северные части Восточно-Европейской и Сибирских платформ, северные окраины Канадского и б. ч. Гренландского щитов. Более молодыми байкальско-палеозойскими платформами являются Баренцево-Карская, Гиперборейская и Западно-Сибирская. Среди древних складчатых сооружений выделяются байкалиды Тимана и о. Медвежьего, северо-восточной Гренландии и о. Элсмир, а также каледониды Скандинавии, западного Шпицбергена, восточной Гренландии, острова Корнуоллис и северо-западной части Сев. Земли. К более молодым складчатым сооружениям относятся герцинские (Пайхойско-Новоземельская, Иннуитская и Таймыро-Североземельская) и мезозойские (Новосибирско-Чукотская и Северо-Аляскинская) складчатые системы.

За пределами шельфа континентальные структуры, вероятно, продолжают в подводных хребтах Ломоносова и Менделеева и в поднятии Альфа. Из Атлантического океана в область Арктика протягивается срединно-океанический вулканический хребет. Его отдельные звенья (хребты Исландско-

Ян-Майенский, Мона, Книповича и Гаккеля) составляют части мобильной зоны, простирающейся из Атлантики через Арктика в Тихий океан [5].

1.3 Рельеф

Поверхность материковой части Арктика образуют преимущественно низменные окраины Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин, Северо-Сибирская, Яно-Индибирская и Колымская низменности. Только в отдельных районах имеются горы; наиболее значительны горы Бырранга на Таймырском полуострове (высота до 1146 м), северная часть Верхоянского хребта, горы Чукотского полуострова.

В пределах материковой части Северной Америки наибольшую площадь занимают холмистые плоскогорья высотой 400—700 м (Арктическое плато и др.). Большинство островов Арктика — материкового происхождения, поверхность их преимущественно низкогорная и низменная. Наиболее высокие горы находятся на В. Гренландии (г. Гунбьёрн, 3700 м, — самая высокая вершина Арктика), на Баффиновой Земле (2591 м), о. Элсмир (2926 м).

Большую часть Арктика (около 13 млн. км²) занимает Северный Ледовитый океан. Здесь широко развита область шельфа с глубинами менее 200 м, занятая окраинными морями (Баренцево, Белое, Карское, море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское). Дно этих морей — подводное продолжение платформенных структур суши. Переходная зона представлена материковым склоном с глубинами 180—3000 м. Центральная часть океана — Арктический бассейн — область глубоководных котловин (глубина до 5449 м в котловине Нансена) и подводных хребтов, из которых наиболее значительным является хребет Ломоносова.

По особенностям рельефа в Арктике выделяют: шельф с островами материкового происхождения и прилегающими окраинами материков и Арктический бассейн. Область шельфа занята окраинными морями — Баренцевым, Карским, Лаптевых, Восточно-Сибирским и Чукотским. Рельеф суши российской Арктики преимущественно равнинный; местами, особенно на

островах, гористый. Центральная часть — Арктический бассейн, область глубоководных котловин (до 5527 м) и подводных хребтов [6].

1.4 Климат

Климат Арктики считается одним из наиболее суровых и холодных на планете. В то же самое время он непредсказуемо изменчив: внезапно температура может возрасти от 7 до 10 градусов в результате проявления мощного теплового циклона.

Температура зимой в январе (он считается наиболее теплым в это время года) – минус 2-5 С. Местные водные пространства холоднее воздуха. Температура в Баренцевом море – минус 25 С, на Чукотском и Гренландском – минус 36 С, температура воды Сибирского и Канадского бассейна – минус 50 С. Весьма суровые – северные воды акватории, где показатели температуры доходят до минус 60 С.

Во время полярной ночи (от 50 до 150 дней за год) ни света, ни тепла в эти края не поступает. За это время температура земли постоянно охлаждается. В период полярных суток, несмотря на довольно большое количество солнечных лучей, большой объем тепла поглощается за счет облаков, снега и льда.

Арктический климат зимой и летом имеет одну важную особенность — высокую континентальность. И это, невзирая на то, что центральная часть в основном занята океаном. Поскольку воду здесь сковал лед, она практически не оказывает влияния на потоки воздуха. Континентальность климата в зоне Арктики нарастает с западного направления на восточное, поскольку именно в этом направлении перемещаются воздушные массы с океана, но влага по дороге постепенно теряется.

Особенности климата Арктики, в целом, можно классифицировать как, с одной стороны, типичный для тундровых земель (где в самый теплый годовой период температура в среднем от 0 до 10 градусов), с другой – наиболее подходящий областям с ледяным покровом (для местности, где не тает снег и средние показатели температуры около 0 С). Иногда идет снег, но в целом для климата Арктики осадки – редкое явление, их ежегодное количество менее 51

мм. Впечатление постоянного снегопада создается за счет того, что уже выпавший снег выметается ветрами.

Те области, что прилегают к океаническим акваториям (Тихой и Атлантической), в общей сложности, теплее, и снега там больше. Климату внутренних областей больше свойственны сухость и холод.

Арктическая зима характеризуется усиленным действием циклонов. С той их частью, что приходят в основном со стороны Атлантического океана, связаны такие особенности климата, как высокие показатели температуры воздуха, частые ветры (довольно большой силы), максимальные объемы осадков и большая облачность.

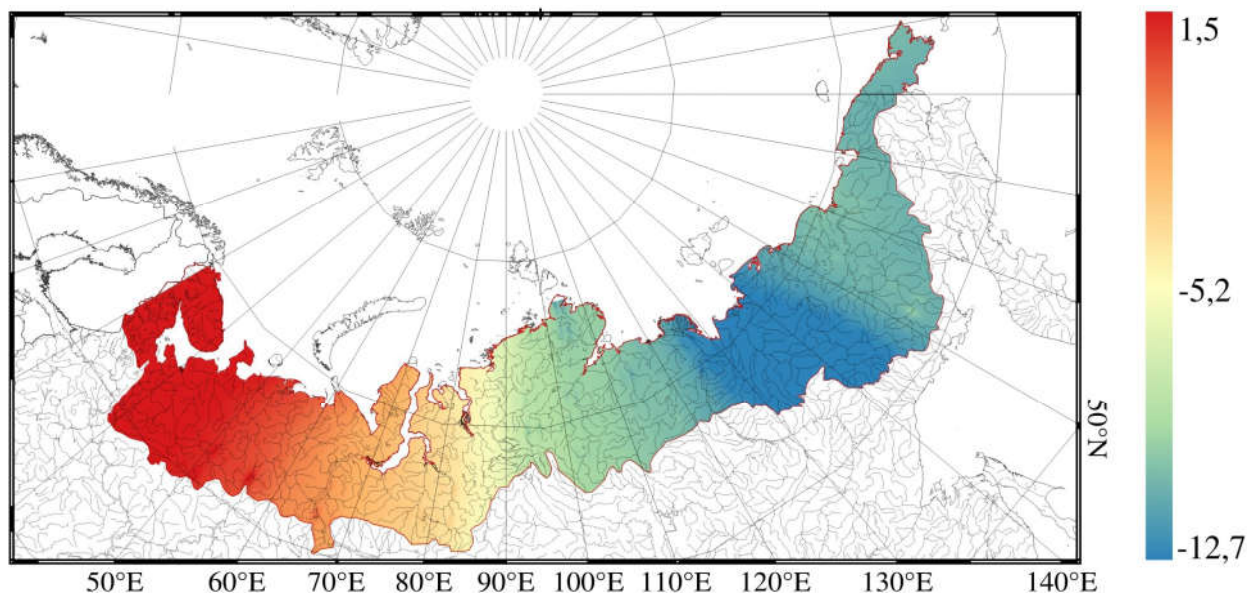


Рисунок 3 – Нормы среднегодовой температуры воздуха [19]

Те области, что прилегают к океаническим акваториям (Тихой и Атлантической), в общей сложности, теплее, и снега там больше. Климату внутренних областей больше свойственны сухость и холод.

Арктическая зима характеризуется усиленным действием циклонов. С той их частью, что приходят в основном со стороны Атлантического океана, связаны такие особенности климата, как высокие показатели температуры воздуха, частые ветры (довольно большой силы), максимальные объемы осадков и большая облачность.

Антициклоны зимой, как правило, действуют в Сибирской части Арктики, немного слабее их влияние в Гренландском и Канадском районе. Ветры здесь либо совсем незначительные, либо умеренные, осадков выпадает мало, морозы сильные и небольшая облачность.

Какой климат в Арктике, зимой по-настоящему почувствовать сложно, потому что в это время погода становится более-менее однообразной, с незначительными колебаниями температуры. Зима в Арктике – это полярная ночь, длящаяся полгода, и в это время столбик термометра может упасть до отметки 60 градусов. В общей сложности, зимой температурные режимы не особенно отличаются друг от друга.

Особенности климата в Арктике летнего времени имеют определенные отличия от зимних. Наиболее теплый арктический период – июль, средние температурные значения в это время достигают температуры 0-5 С (Арктический бассейн), от 2 до 3 градусов тепла (морское побережье), 6-10 С (район материка).

Летом в центральном районе Гренландии еще теплее – до 12 С. Однако и на протяжении всего теплого времени года возможны заморозки. На территории Арктического бассейна очень влажно (до 98%), если попасть в Арктику летом, можно увидеть низкую слоистую облачность, частые туманы и осадками в виде дождя или мокрого снега. Ветер умеренный. Баренцево море летом почти свободно от покрова льда благодаря теплоте подводному Северо-Атлантическому течению.

Необходимо упомянуть, что в настоящий момент средняя температура в Арктическом районе неуклонно растет. Это означает, что не только арктическая зима становится более теплой. В Северном Ледовитом океане меняются течения. Арктический регион приобретает новые особенности. И смягчение климата в целом несет с собой ощутимые последствия для всей планеты [7].

1.5 Гидрологическая изученность

В пределах суши Арктика, кроме мелких рек, находятся устьевые участки крупных рек Евразии и Северной Америки, Печоры, Оби, Енисея, Пясины,

Хатанги, Анабара, Лены, Яны, Индигирки, Колымы, Колвилл, Макензи. Реки эти в низовьях, как правило, протекают в широких долинах, часто образуя в устьях большие заливы-губы. Реки воздействуют на состояние мерзлоты, отодвигая её далеко в сторону от долины и уничтожая под своим руслом, и оказывают смягчающее влияние на климат прилегающих районов Арктика. Действие речных вод обнаруживается в морях на расстоянии нескольких сот километров от устья, сказываясь на гидрологическом и ледовом режиме морей.

Питание мелких рек на островах снеговое или ледниковое. Реки замерзают на 9–10 месяцев в году, некоторые промерзают до дна; на материке вскрываются в мае–июне, замерзают в октябре, на островах, соответственно, в середине июля–начале сентября. В пределах материковых тундр и на островах много озёр, большую часть года находящихся подо льдом. Крупнейшее озеро Таймыр (на одноимённом полуострове).

Российский сектор Арктики охватывает Северный Ледовитый океан в пределах границ полярных владений Российской Федерации со всеми находящимися на этой акватории островами, а также северные окраины европейской и азиатской материковых частей России до южной границы зоны тундр. Площадь Российского сектора Арктики – около 9 млн км² (6,8 млн км² приходится на водное пространство). По особенностям рельефа в Арктике выделяют: шельф с островами материкового происхождения и прилегающими окраинами материка и Арктический бассейн – центральную глубоководную часть Северного Ледовитого океана. Область шельфа занята окраинными морями: Баренцевым, Белым, Карским, Лаптевых, Восточно-Сибирским и Чукотским. Глубины в центральном Арктическом бассейне (на прилегающей к России территории) достигают 5490 м. Рельеф дна бассейна – область глубоководных котловин (Нансена, Амундсена, Подводников и Макарова) и подводных хребтов (Гаккеля, Ломоносова, Менделеева). Все эти формы рельефа, кроме котловины Подводников, лишь частично располагаются в Российском секторе Арктического бассейна. Все моря Северного Ледовитого океана мелководны, с юга ограничены естественной границей – побережьем

Евразии и двумя узкими проливами, на севере свободно сообщаются с океаном и отделяются от него условными линиями, проходящими по окраине шельфа (глубина около 500 м), между собой разделены, в основном, островами, ограничивающими водообмен, и условными линиями, а соединены проливами (Карские Ворота, Вилькицкого, Дмитрия Лаптева, Лонга и др.). В моря впадают крупные реки: Печора, Обь, Енисей, Лена. Берега разнообразны, большинство из них имеют следы ледниковой обработки. Важным фактором формирования гидрологического режима морей является большой речной сток. Особенности природы района арктических морей: явление полярного дня и полярной ночи, низкий радиационный баланс, близкие к 0°С средние температуры воздуха летних месяцев при отрицательной среднегодовой температуре, существование ледников и многолетней мерзлоты, ледовитость акваторий (около 11 млн км² зимой и около 8 млн км² летом), преобладание растительности арктических пустынь и тундр. Шельфы морей России относятся к немногим регионам мира, где прослеживаются нефтегазоносные территории всех морфологических и генетических типов, обусловленных разнообразием геологического строения и истории развития крупных сегментов земной коры. В Российском секторе Арктики расположен самый обширный в мире шельф шириной до 1300 км. В пределы шельфа России входят части Восточно-Европейской и Сибирской древних платформ, Западно-Сибирской и Скифской молодых платформ и других разновозрастных эпигеосинклинальных и эпиплатформенных образований. С каждой из этих макроструктур связаны нефтегазоносные провинции, бассейны и области, различающиеся масштабами нефтегазонакопления и перспективами нефтегазоносности.

Вдоль побережья арктических морей России проходит важная транспортная артерия – Северный морской путь (длина основной ледовой трассы от пролива Карские Ворота до бухты Провидения – 5600 км). С 1992 г. трасса открыта для международного судоходства. Основные морские порты – Мурманск, Диксон, Тикси, Певек, Провидения. Крупные рыболовные порты – Мурманск и Архангельск.

В пределах суши Арктика, кроме мелких рек, находятся устьевые участки крупных рек Евразии и Северной Америки, Печоры, Оби, Енисея, Пясины, Хатанги, Анабара, Лены, Яны, Индигирки, Колымы, Колвилл, Макензи. Реки эти в низовьях, как правило, протекают в широких долинах, часто образуя в устьях большие заливы-губы. Реки воздействуют на состояние мерзлоты, отодвигая её далеко в сторону от долины и уничтожая под своим руслом, и оказывают смягчающее влияние на климат прилегающих районов Арктика. Действие речных вод обнаруживается в морях на расстоянии нескольких сот километров от устья, сказываясь на гидрологическом и ледовом режиме морей.

Питание мелких рек на островах снеговое или ледниковое. Реки замерзают на 9 – 10 месяцев в году, некоторые промерзают до дна; на материке вскрываются в мае – июне, замерзают в октябре, на островах, соответственно, – в середине июля начале сентября. В пределах материковых тундр и на островах много озёр, большую часть года находящихся подо льдом. Крупнейшее озеро Таймыр (на одноимённом полуострове) [8].

Изменения в режиме пресноводных систем Арктики неизбежно окажут влияние на физические условия региона, затронув, в частности, экстремальные гидрологические явления, глобальные обратные связи и пути распространения загрязнителей. Гидрологические модели, основанные на глобальной циркуляции в системе океан-атмосфера, показывают постепенное увеличение стока рек бассейна Северного Ледовитого океана. Особое увеличение стока ожидается в холодный период.

Меньше определенности с переменами, ожидаемыми в летний период. Некоторые результаты исследований говорят о возможном сокращении объемов летнего стока по причине превышения испарения над осадками. Сокращение летнего стока может распространиться на многие водосборные бассейны по причине увеличения транспирации (испарения влаги с поверхности зеленых растений) за счет сдвигов в составе растительности от распространенных в настоящее время тундровых лишайников, дающих

минимальное испарение, – к разнообразным видам древесной растительности, дающих значительно большее испарение.

Пример реки Колыма.

Питание реки смешанное: снеговое, дождевое и подземное. Половодье с середины мая по сентябрь. Размах колебаний уровня до 14 м. Средний расход воды у Среднеколымска 2250 м³/с, наибольший — 25 100 м³/с, наименьший — 23,5 м³/с. Годовой сток в устье 123 км. Средний годовой сток наносов 5,5 млн т. В летнее время уровень воды в Колыме падает, и только в период дождей наблюдается подъём воды и образование кратковременных паводков. Температура воды в реке низкая – 10 – 15°, и только на спокойных участках в конце июля — начале августа достигает 20 – 22. Замерзает в середине октября, реже в конце сентября. Перед ледоставом ледоход и шугоход продолжительностью от 2 суток до месяца, зазоры. Зимой наледи, русловые и обширные грунтовые. Вскрывается во 2-й половине мая – начале июня. Ледоход длится от 2 до 18 суток, сопровождается заторами [9].

ГЛАВА 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СТОКА

2.1. Статистический метод анализа рядов стока

Объектом исследования в прикладной статистике являются статистические данные, полученные в результате наблюдений или экспериментов. Статистические данные – это совокупность объектов (наблюдений, случаев) и признаков (переменных), их характеризующих. Например, объекты исследования – страны мира и признаки, – географические и экономические показатели их характеризующие: континент; высота местности над уровнем моря; среднегодовая температура; место страны в списке по качеству жизни, доли ВВП на душу населения; расходы общества на здравоохранение, образование, армию; средняя продолжительность жизни; доля безработицы, безграмотных; индекс качества жизни и т.д.[10]

2.2 Проверка на однородность

Расчет числовых характеристик является корректным только в том случае, если ряд однороден. То есть, в течение всего периода наблюдений условия формирования стока не изменялись.

Для проверки однородности гидрологических рядов используются специальные тесты – критерии однородности.

В данной работе для проверки однородности используются два критерия: критерий Стьюдента и критерий Фишера. Критерий Стьюдента позволяет провести проверку ряда на однородность по среднему значению, а критерий Фишера – по дисперсии.

Для выполнения работы исходный ряд разбивается на две приблизительно равные части и для каждой части ряда рассчитываются среднее значение, среднеквадратическое отклонение и дисперсия

Критерий Стьюдента (t) – общее название для класса методов статистической проверки гипотез (статистических критериев), основанных на распределении Стьюдента. Наиболее частые случаи применения t -критерия связаны с проверкой равенства средних значений в двух выборках.

t -статистика строится обычно по следующему общему принципу: в числителе случайная величина с нулевым математическим ожиданием (при выполнении нулевой гипотезы), а в знаменателе— выборочное стандартное отклонение этой случайной величины, получаемое как квадратный корень из несмещенной оценки дисперсии.

Для применения данного критерия необходимо, чтобы исходные данные имели нормальное распределение. В случае применения двухвыборочного критерия для независимых выборок также необходимо соблюдение условия равенства дисперсией. Существуют, однако, альтернативы критерию Стьюдента для ситуации с неравными дисперсиями.

Статистика критерия для случая несвязанных, независимых выборок равна:

$$t = \frac{\bar{Q}_x - \bar{Q}_y}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 - n_y \sigma_y^2}}, \quad (1)$$

где $\bar{Q}_x - \bar{Q}_y$, σ_x^2 σ_y^2 – средние значения и дисперсии двух последовательных выборок.; n_x , n_y – объемы выборок

Критерий Фишера (F) позволяет сравнивать величины выборочных дисперсий двух независимых выборок. Для вычисления критерия F нужно найти отношение дисперсий двух выборок, причем так, чтобы большая по величине дисперсия находилась бы в числителе, а меньшая в знаменателе. Формула вычисления критерия Фишера такова:

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (2)$$

где σ_x^2 σ_y^2 дисперсии двух следующих друг за другом частей выборок

Так как, согласно условию критерия, величина числителя должна быть больше или равна величине знаменателя, то значение F всегда будет больше или равно единице.

В данной выпускной квалифицированной работе была осуществлена проверка на однородность по критериям Стьюдента и Фишера по створам и по метеорологическим данным (осадки, температура). По вычисленным данным и по табличным значениям, очевидно, что не все ряды однородны, т.к. выборка находится не в первой генеральной совокупности и считать их репрезентативными нельзя [11].

2.3 Метод «скользящей точки» и «скользящего периода»

Анализ многолетних рядов стока весеннего половодья проведен с использованием «скользящих» алгоритмов для определения даты (года) нарушения однородности, основанных на расчетах критериев Стьюдента и Фишера при различных способах разделения данных наблюдений на подвыборки. Рассмотренные алгоритмы также применяются при решении задачи о выделении периодов различной водности и оценки достоверности методик расчета статистических характеристик многолетних видов стока [12, 13, 14].

Алгоритм «скользящего периода» предполагает, что расчет критериев производится последовательно при сравнении двух равных по объему подвыборок (n) от начала наблюдений до их окончания со сдвижкой в 1 год (рисунок 3.1). При этом, задавая минимальный объем подвыборок меньше половины длины исходного ряда (N) часть данных наблюдений не участвует в оценки численных значений статистических критериев, но при этом увеличивается анализируемый период (i). Анализ наличия неоднородности по алгоритму «скользящего периода» позволяет выделить в многолетних рядах стока в общем случае несколько периодов, характеризующихся статистически значимыми различиями норм и дисперсий (при использовании критериев Стьюдента и Фишера). Продолжительность таких периодов определяется заданной длиной подвыборки (n) и составляет кратное ей значение. Методика «скользящего периода» использована для оценки однородности рядов по критерию Стьюдента при $n = 10$ [15].

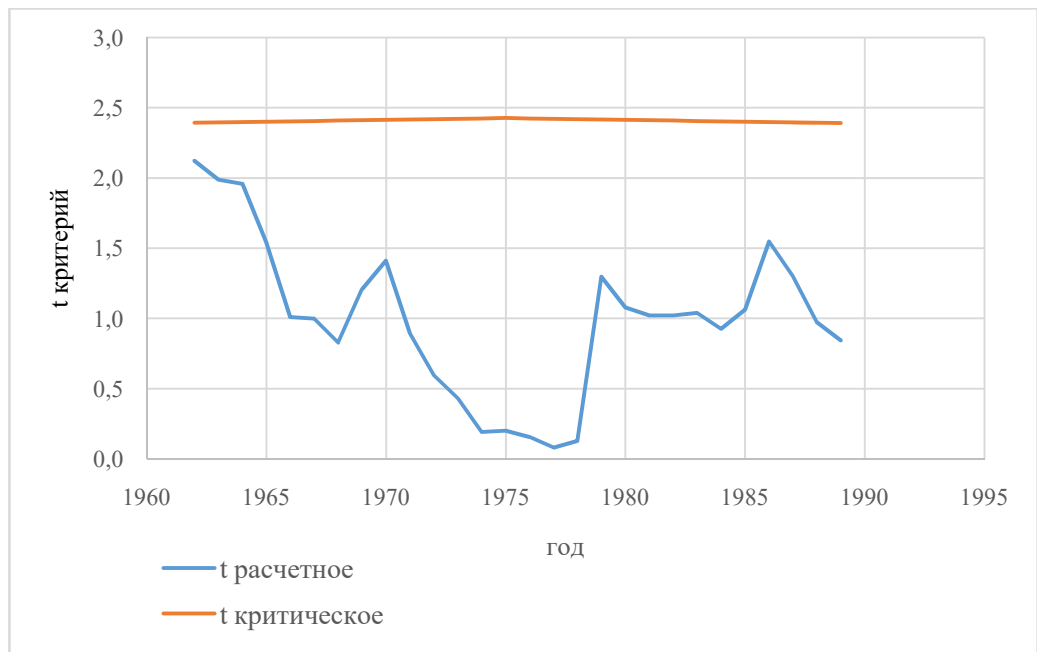


Рисунок 4 – Расчет значения критерия Стьюдента (t) на основе «скользящего периода» р. Полуй – с. Полуй.

Алгоритм «скользящей точки» предполагает разбиение многолетнего ряда на две (в общем случае неравных) подвыборки и дальнейший расчет критериев согласия последовательно со сдвижкой во времени даты деления ряда.

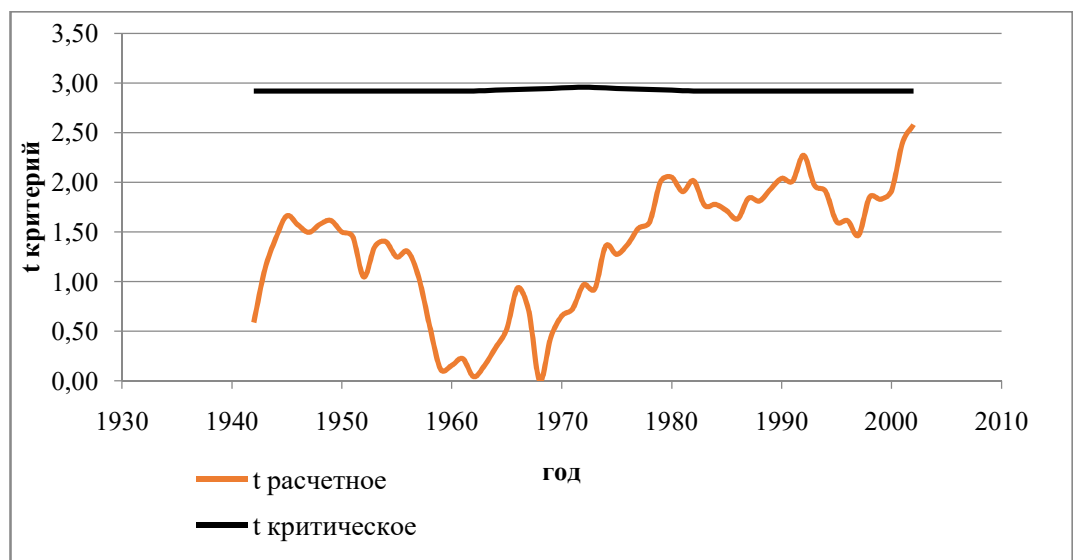


Рисунок 5 – Расчет значения критерия Стьюдента (t) на основе «скользящей точки» по температуре на станции Дудинка

Такая методика выделения подвыборок позволяет использовать весь объем данных наблюдений, и такой алгоритм больше подходит для определения даты

нарушения однородности многолетнего ряда, которую следует интерпретировать исходя из гидролого-генетического анализа [16].

В обоих алгоритмах длину анализируемого периода (i) определяет минимальный объем подвыборки (n), шаг временной сдвигки (может быть задан не равным одному году) и длина анализируемого многолетнего ряда (N). При $n = N/2$ многолетний ряд делится пополам и рассчитывается единственное значение для каждого из выбранных статистических критериев.

При реализации каждого из представленных «скользящих» алгоритмов получают последовательности значений критериев Стьюдента и Фишера, отнесенные к дате (году). Для каждого из таких значений критерия оценивается его статистическая значимость на заданном уровне (например, 5%, 95%), а превышение критического значения считается годом нарушения однородности многолетнего ряда. При этом, при назначении критического значения для каждого из критериев учитывается внутрирядная (для алгоритма «скользящей точки») [16, 17].

2.4 Расчет внутригодового распределения стока методом реального года при наличии гидрометрических наблюдений

Расчет внутригодового распределения стока представляет собой количественную оценку распределения речного стока по сезонам и месяцам года. Сведения о внутригодовом распределении стока необходимы при проектировании водохранилищ, для оценки баланса притока и потребления воды, при разработке проектов промышленного и хозяйственного водоснабжения.

При расчете внутригодового распределения стока рассматриваются среднемесячные расходы за водохозяйственные годы. За начало водохозяйственного года принимается наиболее ранняя дата наступления многоводной фазы с округлением до месяца. На практике за начало водохозяйственного года принимают первый месяц, для которого средняя многолетняя величина месячного расхода превышает норму годового стока. Для большей части территории России наиболее многоводной фазой является

весеннее половодье, и, следовательно, водохозяйственный год начинается с началом весны. В отличие от календарного года, водохозяйственный год начинается в разные сроки в различных климатических зонах. Так на большей части северо-запада ЕТР водохозяйственный год начинается с 1 апреля, а в Восточной Сибири – с 1 мая.

Водохозяйственный год делится не на четыре, а на три сезона – два смежных сезона, со сходными условиями формирования стока, объединяются в один составной. Для северо-запада сходные условия формирования стока наблюдаются летом и осенью. В эти сезоны сток рек формируется за счет грунтового питания и жидких осадков. Поэтому для данной территории составным сезоном является сезон «лето-осень». Весной река питается главным образом за счет таяния снега, а зимой переходит преимущественно на грунтовое питание. Границы сезонов назначаются едиными для всех лет.

Два смежных сезона, когда сток лимитирует потребление, объединяются в лимитирующий период, следовательно, нелимитирующий период всегда состоит из одного сезона

Внутри лимитирующего периода выбирается лимитирующий сезон. Следовательно, лимитирующий период состоит из лимитирующего и нелимитирующего сезонов (Рисунок 6).

Назначение лимитирующего периода и сезона зависит от конкретной задачи. Так для сельского хозяйства лимитирующим сезоном в большинстве случаев является «лето-осень», а для нужд водоснабжения лимитирующим будет самый маловодный сезон в году (для многих регионов России – это зима).

Расчет внутригодового распределения стока в соответствии с действующими нормативными документами [18] можно производить одним из трех методов: 1) компоновки сезонов; 2) реального года; 3) среднего распределения стока за годы характерной градации водности.

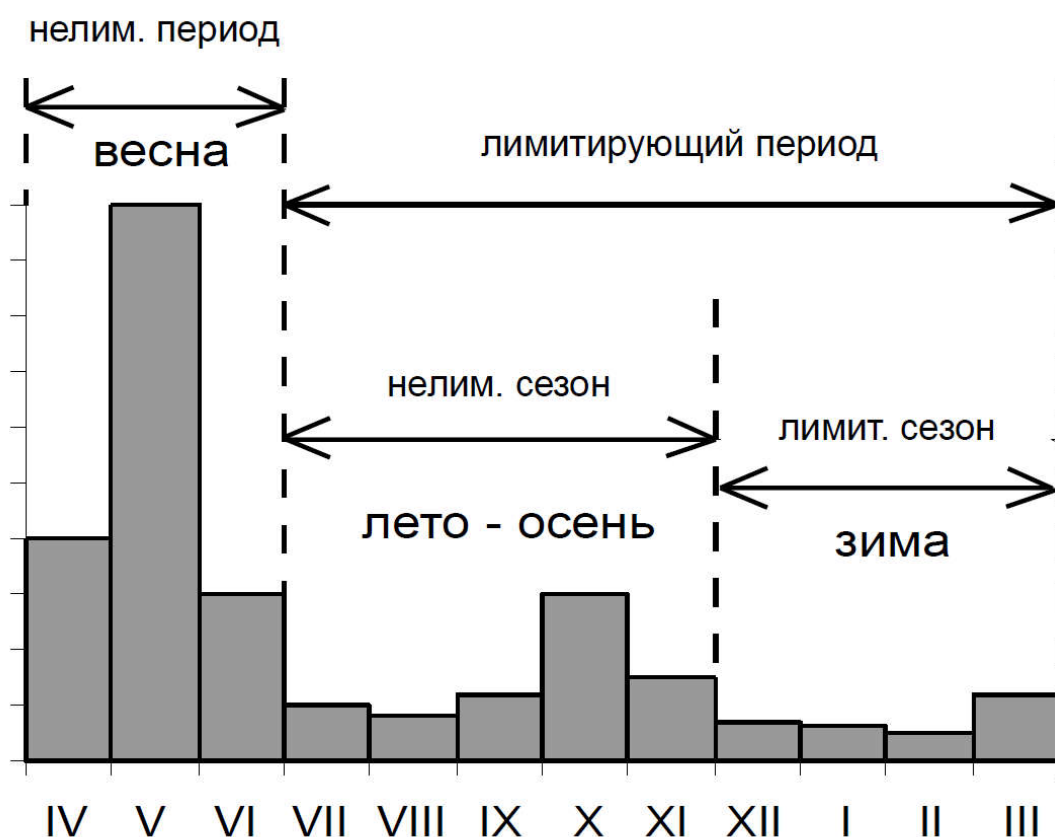


Рисунок 6 – Схема разбивки водохозяйственного года на сезоны и периоды при расчете внутригодового распределения стока [20].

Помимо хронологического описания внутригодового распределения стока (календарное распределение), в практике расчетов используется и некалендарное распределение в форме кривых продолжительности суточных расходов воды. Эти кривые показывают продолжительность стояния внутри года расходов воды, равных или превышающих заданную величину.

Расчет внутригодового распределения стока методом реального года при наличии гидрометрических наблюдений:

- Для выполнения этой работы необходимо выписать среднемесячные расходы воды по расчетной реке за имеющийся период наблюдений (не менее 15 лет).
- Обосновать и назначить границы водохозяйственного года лимитирующего периода и лимитирующего сезона.
- Проводятся ориентировочные границы сезонов для различных районов России. Продолжительность отдельных сезонов в разных географических зонах может

составлять от 2 до 7 месяцев. Более точно границы сезонов для каждого региона обоснованы в справочниках «Ресурсы поверхностных вод СССР».

- В качестве лимитирующего сезона принять наиболее маловодный сезон.
- Составить таблицу месячных расходов воды за водохозяйственные годы с разбивкой на периоды и сезоны.
- Для каждого водохозяйственного года рассчитать суммы месячных расходов за год – $Q_{Г}$, лимитирующий период – $Q_{ЛП}$ и лимитирующий сезон – $Q_{ЛС}$
- Для ряда сумм расходов за водохозяйственный год рассчитать статистические характеристики, построить эмпирическую и аналитическую кривые обеспеченности и определить сумму расходов за водохозяйственный год 5% и 95%-ной обеспеченности. В качестве расчетного принять эмпирическое отношение C_s/C_v с округлением до 0,5
- Составить таблицу ранжированных сумм месячных расходов за год – $Q_{Г}$, лимитирующий период – $Q_{ЛП}$ и лимитирующий сезон – $Q_{ЛС}$ с указанием водохозяйственного года, когда эта сумма наблюдалась
 - Рассчитать эмпирическую обеспеченность сумм расходов по формуле

$$P = \left(\frac{m}{n+1} \right) * 100\%, \quad (3)$$

где m – порядковый номер суммы в ранжированном ряду; n – длина ряда. Выделить маловодную и многоводную группы ($33,3\% > P > 66,7\%$).

- В маловодной группе выбрать реальный водохозяйственный год, для которого обеспеченность сумм месячных расходов за водохозяйственный год, лимитирующий период и лимитирующий сезон наиболее близка к расчетной обеспеченности (в данном случае по условиям задания $P = 5\%$ и 95%). Для объективного выбора расчетного года используется критерий ΔP :

$$\Delta P = (P_{Г} - P_{p\%})^2 + (P_{Лп} - P_{p\%})^2 + (P_{Лс} - P_{p\%})^2 \quad (4)$$

где $P_{p\%}$ – расчетная обеспеченность 5% и 95%; $P_{Г}$, $P_{Лп}$, $P_{Лс}$ – эмпирические обеспеченности сумм расходов соответственно за год,

лимитирующий период и лимитирующий сезон в конкретном водохозяйственном году. В качестве расчетного принимается год, для которого Р является минимальным. Расчет Р представить в табличном виде

- Среднемесячные расходы выбранного года-модели выражаются в процентах от суммы месячных расходов за весь водохозяйственный год ($\sum Q_{\Gamma}$):

$$R_i = \left(\frac{Q_i}{\sum Q_{\Gamma}} \right) * 100\% \quad (5)$$

где Q_i – среднемесячный расход i -того месяца года-модели.

- В таблицу записывается расчетная годовая сумма месячных расходов 5% и 95%-ной обеспеченности.
- Окончательно расчет внутригодового распределения стока производится по формуле:

$$Q_{p,i} = \left(\frac{R_i}{100} \right) * (\sum Q_{\Gamma})_{p\%} \quad (6)$$

где $Q_{p,i}$, – среднемесячный расход i -того месяца для года расчет- ной обеспеченности;

- По данным построить расчетный гидрограф

Метод реального года можно применять и при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. В этом случае весь расчет ведется по данным реки-аналога за исключением последнего этапа[20].

ГЛАВА 3. ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА

3.1 Анализ на однородность

В данной выпускной квалифицированной работе был выполнен анализ на однородность по критериям Фишера и Стьюдента на пяти створах и по пяти метеостанциям. На основе полученных результатов был выявлен год нарушения однородности по не однородным рядам (Таблица 1 - 2).

Таблица 1 – Результат нахождения даты (года) перелома методом «скользящей точки» по створам (по Стьюденту)

Река-створ	За год		За период половодья (май – август)		За период межени (ноябрь – март)	
	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Год нарушения однородности
р. Полуй – с. Полуй	Однородн.	—	Однородн.	—	Не однородн.	1981
р. Малая Куонамка – с. Жилинда	Не однородн.	1986	Не однородн.	1986	Однородн.	—
р. Норилка-с. Валек	Не однородн.	1980	Не однородн.	1980	Однородн.	—
р. Пяку-Пур – с. Тарко-Сале	Однородн.	—	Однородн.	—	Не однородн.	1981
р. Яна – с. Верхоянск	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—
р. Индигирка – с. Юрты	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—

Таблица 2 – Результат нахождения даты (года) перелома по температуре методом «скользящей точки» по метеостанциям (по Стьюденту)

Название станции	За год		За период половодья (май – август)		За период межени (ноябрь – март)	
	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Год нарушения однородности
Джалинда	Не однородн.	1978	Не однородн.	1978	Не однородн.	1979
Дудинка	Однородн.	—	Не однородн.	1974	Однородн.	—
Надым	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—
Саскалык	Не однородн.	1999	Не однородн.	1987	Однородн.	—
Туруханск	Не однородн.	1973	Не однородн.	1970	Однородн.	—

Таблица 3 – Результат нахождения даты (года) перелома по осадкам методом «скользящей точки» по метеостанциям (по Стьюденту)

Название станции	За год		За период половодья (май – август)		За период межени (ноябрь – март)	
	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Год нарушения однородности	Год нарушения однородности	Результат анализа
Джалинда	Однородн.	—	Однородн.	—.	Не однородн.	2000
Дудинка	Однородн.	—.	Не однородн.	2000	Однородн.	—.
Надым	Не однородн.	1996	Однородн.	—.	Не однородн.	1994
Саскалык	Однородн.	—.	Не однородн.	1998	Однородн.	—.
Туруханск	Не однородн.	2001	Не однородн.	1996	Однородн.	—

Таблица 4 – Результат нахождения даты (года) перелома методом «скользящей точки» по створу (по Фишеру)

Река-створ	За год		За период половодья (май – август)		За период межени (ноябрь – март)	
	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Год нарушения однородности
р. Полуй – с. Полуй	Однородн.	—.	Однородн.	—.	Однородн.	—
р. Малая Куонамка – с. Жилинда	Однородн.	—	Однородн.	—.	Не однородн.	1988
р. Норилка-с. Валек	Однородн.	—	Однородн.	—.	Однородн.	—
р. Пяку-Пур – с. Тарко-Сале	Не однородн.	1987	Не однородн.	1983	Однородн.	—
р. Яна – с. Верхоянск	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—
р. Индигирка – с. Юрты	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—

Таблица 5 – Результат нахождения даты (года) перелома по температуре методом «скользящей точки» по метеостанциям (по Фишеру)

Название станции	За год		За период половодья (май – август)		За период межени (ноябрь – март)	
	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа
Джалинда	Не однородн.	2003	Не однородн.	2004	Не однородн.	1990
Дудинка	Однородн.	—.	Не однородн.	1996	Однородн.	—.
Надым	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—

Продолжение Таблицы 3.5

Саскалык	Не однородн.	2004	Однородн.	—	Не однородн.	2004
Туруханск	Однородн.	—	Однородн.	—	Не однородн.	2000

Таблица 6 – Результат нахождения даты (года) перелома по осадкам методом «скользящей точки» по метеостанциям (по Фишеру)

Название станции	За год		За период половодья (май – август)		За период межени (ноябрь – март)	
	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа	Результат анализа	Год нарушения однородности	Результат анализа
Джалинда	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—
Дудинка	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—
Надым	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—
Саскалык	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—
Туруханск	Однородн.	—	Однородн.	—	Однородн.	—

3.2 Расчет внутригодового режима стока методом реального года при наличии гидрометеорологических данных.

Расчет внутригодового режима стока методом реального года проводился по 3 створам. Перед расчетом ряды были проверены на однородность, что в результате показало, что 2 из 3 рядов не однородны. По следующим гистограммам можно проследить изменения на реке в маловодный и многоводный периоды.

По тем створам, где сток оказывается однородным, ВГРС рассчитывается за весь период наблюдений по 5% и 95%–ной обеспеченности. Пример: р. Полуй – с. Полуй.

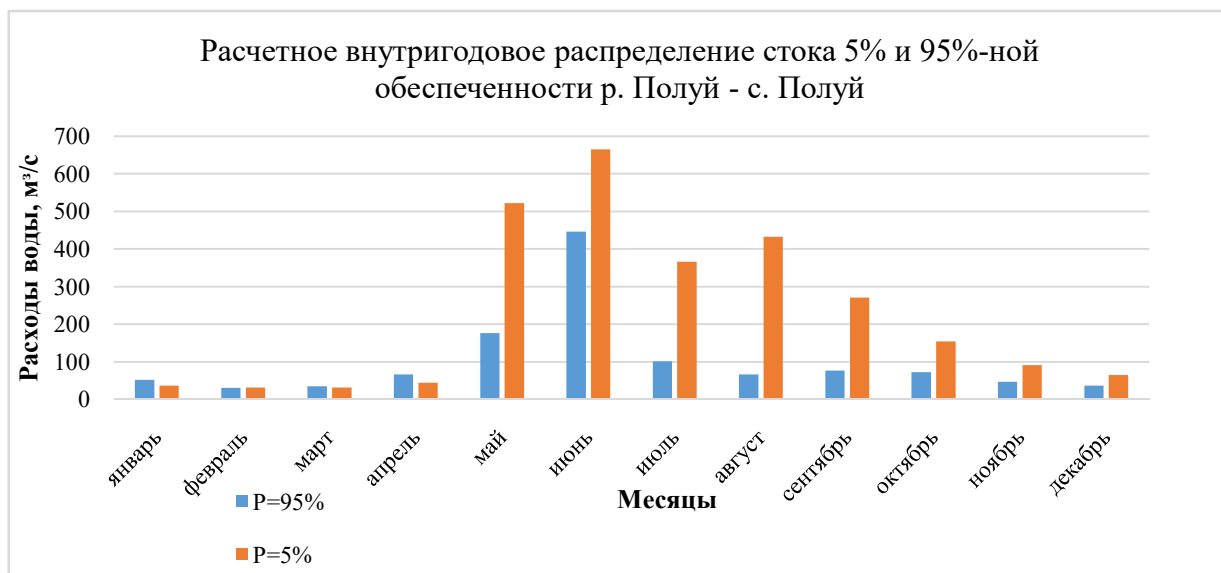


Рисунок 7 – Расчетное внутригодовое распределение стока 5% и 95%-ной обеспеченности р. Полуй - с. Полуй

Периоды	Нелимитирующий период			Лимитирующий период									$\Sigma Q_{г}$	
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VI I	VIII	IX	X	XI	XII		
Год	Маловодный год (1960)													
$Q_{г}$	51,6	31	35	66,7	176	446	101	66,2	76,7	72,6	46,6	36,5	1205	м³/с
R_i	6,8	4,1	4,6	8,8	23,2	58,7	13,3	8,7	10,1	9,6	6,1	4,8	100	%
$Q_{p.i.}$	51,6	31	35	66,7	176	446	101	66,2	76,7	72,6	46,6	36,5	1205	м³/с

Таблица 7 – Расчетное внутригодовое распределение стока 95%-ной обеспеченности по модели реального водохозяйственного года для р. Полуй – с. Полуй, расходы в м³/с.

Периоды	Нелимитирующий период			Лимитирующий период									$\Sigma Q_{г}$	
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Год	Многоводный год (1979)													
$Q_{г}$	37	31,8	31,9	44	522	665	366	433	271	154	91,5	64,5	3525	м³/с
R_i	1,0	0,9	0,9	1,2	14,8	18,9	10,4	12,3	7,7	4,4	2,6	1,8	100	%
$Q_{p.i.}$	37	31,8	31,9	44	522	665	366	433	271	154	91,5	64,5	3525	м³/с

Таблица 8 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 5%-ной обеспеченности по модели реального водохозяйственного года для р. Полуй – с. Полуй, расходы в м³/с.

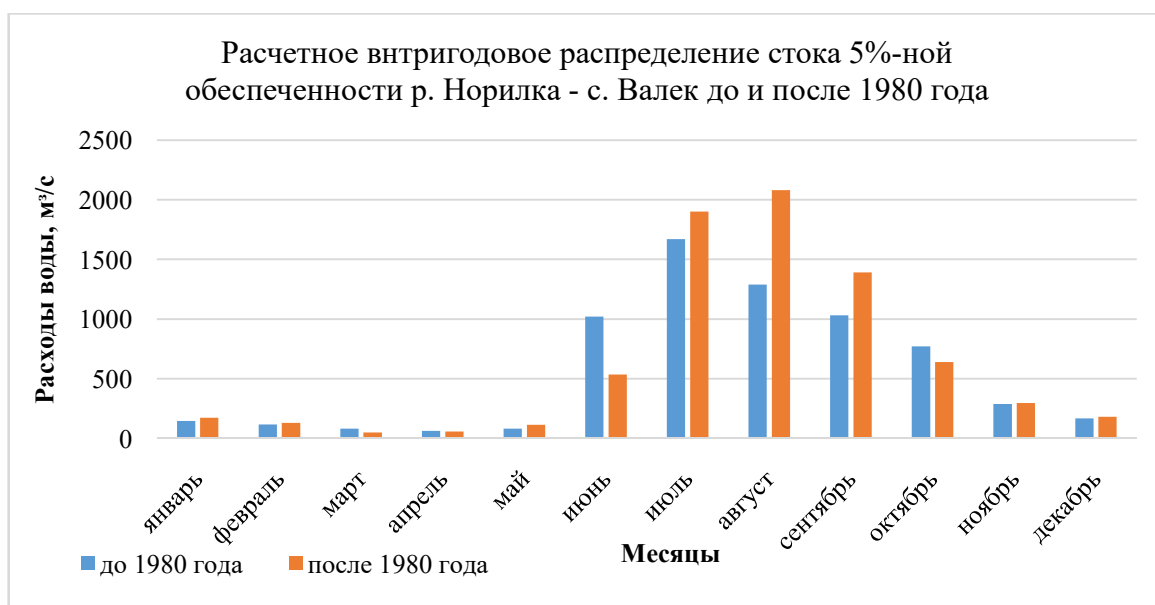


Рисунок 8 – Расчетное внутригодовое распределение стока 5%-ной обеспеченности р. Норилка - с. Валек до и после 1980года

Таблица 9 – Расчетное внутригодовое распределение стока 5%-ной обеспеченности по модели реального водохозяйственного года для р. Норилка – с. Валек, расходы в м³/с.

Период	Нелимитирующий период			Лимитирующий период									ΣQг	
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	I	II	III	XII		
Год	Многоводный год 1944													
Qг	81	1020	1670	1290	1030	770	288	63	146	115	80	166	6720	м³/с
Ri	1	15	25	19	15	11	4	1	2	2	1	2	100	%
Qp.i.	81	1020	1670	1290	1030	770	288	63	146	115	80	166	6720	м³/с
Период	Нелимитирующий период			Лимитирующий период									ΣQг	
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	I	II	III	XII		
Год	Многоводный год 1989													
Qг	114	534	1900	2080	1390	638	296	56	173	130	47	179	7537	м³/с
Ri	2	7	25	28	18	8	4	1	2	2	1	2	100	%
Qp.i.	114	534	1900	2080	1390	638	296	56	173	130	47	179	7537	м³/с

Исходя из данных в таблице 9, можно сделать вывод: сток до 1980 года составил 60,4%, а после 1980 года – 61,4%, следовательно, произошло увеличение стока за период половодья (май – август).

За период межени (ноябрь – март) наблюдается обратная тенденция – сток до 1980 года составил 11,8%, а после 1980 года – 10,9%.

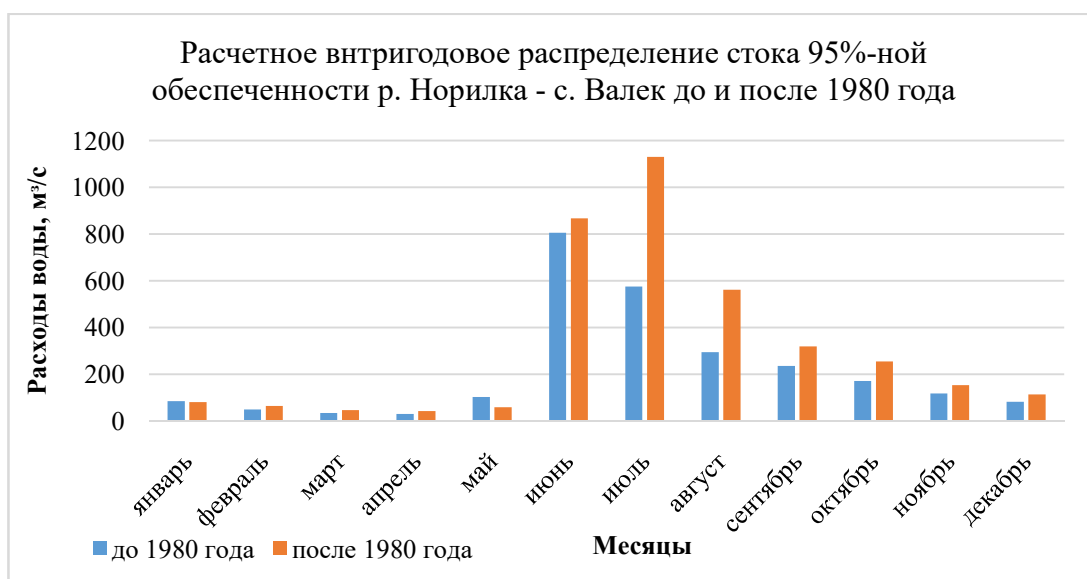


Рисунок 9 – Расчетное внутригодовое распределение стока 95%-ной обеспеченности р. Норилка - с. Валек до и после 1980года

Таблица 10 – Расчетное внутригодовое распределение стока 95%-ной обеспеченности по модели реального водохозяйственного года для р. Норилка – с. Валек, расходы в м³/с.

Период	Нелимитирующий период			Лимитирующий период									ΣQг	
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	I	II	III	XII		
Год	Маловодный год 1960													
Qг	103	806	575	294	236	171	118	29	85	49	33,8	82	2583	м³/с
Ri	4,0	31,2	22,3	11,4	9,1	6,6	4,6	1,1	3,3	1,9	1,3	3,2	100	%
Qp.i.	103	806	575	294	236	171	118	29	85	49	33	82	2583	м³/с
Период	Нелимитирующий период			Лимитирующий период									ΣQг	
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	I	II	III	XII		
Год	Маловодный год 1984													
Qг	59	867	1130	562	319	255	154	43	81	64	47	114	3695	м³/с
Ri	1,6	23,5	30,6	15	8,6	6,9	4,2	1,2	2,2	1,7	1,3	3,1	100	%
Qp.i.	59	867	1130	562	319	255	154	43	81	64	47	114	3695	м³/с

Исходя из данных в таблице 10, можно сделать вывод: сток до 1980 года 95%-ной обеспеченности, составил 68,9%, а после – 70,8%, что свидетельствует об увеличении стока в период половодья.

В период межени сток до 1980 года составляет 14,3%, а после 1980 года – 12,5%, следовательно, произошло уменьшение речного стока.

По тем створам, где сток является не однородным, ВГРС рассчитывается за отдельные периоды наблюдений при 5% и 95%-ной обеспеченности. Расход воды 5%-ной обеспеченности, после 1980 года в период половодья заметно увеличился, а в период межени – уменьшился.

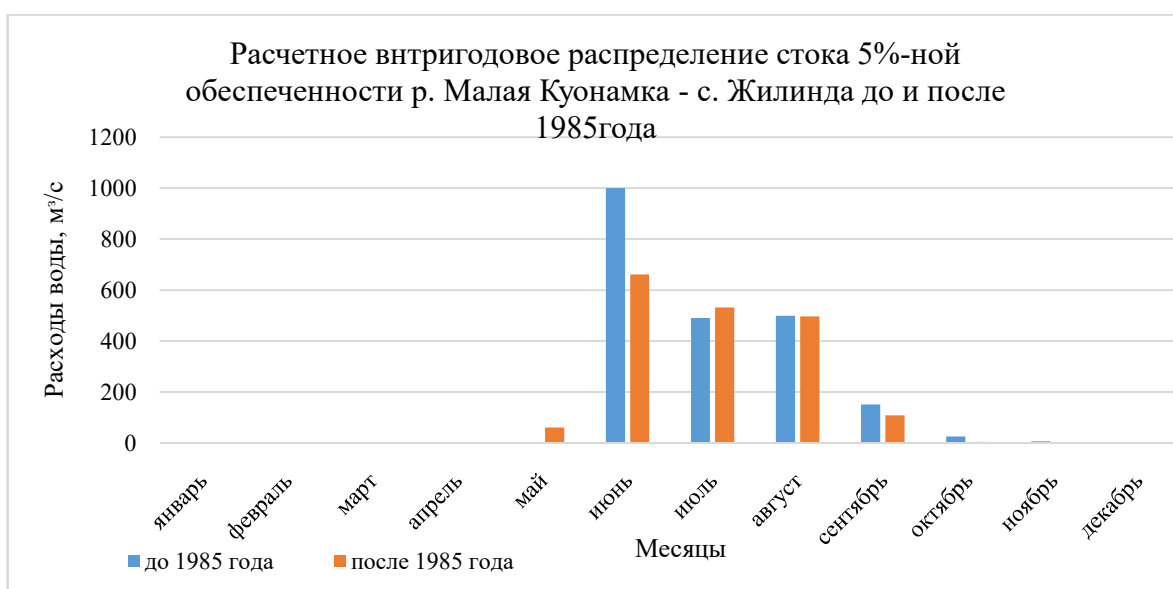


Рисунок 10 – Расчетное внутригодовое распределение стока 5%-ной обеспеченности р. Малая Куонамка - с. Жилинда до и после 1985 года

Таблица 11 – Расчетное внутригодовое распределение стока 5%-ной обеспеченности по модели реального водохозяйственного года для р. Малая Куонамка – с. Жилинда, расходы в м³/с.

Период	Нелимитирующий период			Лимитирующий период								ΣQг		
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	I	II	III	XII		
Год	Многоводный год 1944													
Qг	0	1000	490	499	151	24,9	6,02	0,1	0	0	0	0	3691	м³/с
Ri	0	27,1	13,3	13,5	4,1	0,7	0,2	0	0	0	0	0	100	%
Qp.i.	0	1000	490	499	151	24,9	6,02	0,1	0	0	0	0	3691	м³/с

Продолжение Таблицы 11

Период	Нелимитирующий период			Лимитирующий период								$\Sigma Q_{г}$		
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
	Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	I	II			III
Год	Многоводный год 1989													
Q _г	60,9	661	531	496	108	3,84	0,19	0	0	0	0	0	5583	м ³ /с
R _i	1,1	11,8	9,5	8,9	1,9	0,07	0	0	0	0	0	0	100	%
Q _{р.і.}	60,9	661	531	496	108	3,84	0,19	0	0	0	0	0	5583	м ³ /с

Исходя из данных в таблице 11, можно сделать вывод: сток до 1985 года 5%-ной обеспеченности, составил 53,9%, а после – 31,3%, что свидетельствует об уменьшении стока в период половодья.

В период межени сток до 1985 года составляет 0,2%, а после 1985 года – 0%, следовательно, произошло уменьшение речного стока.

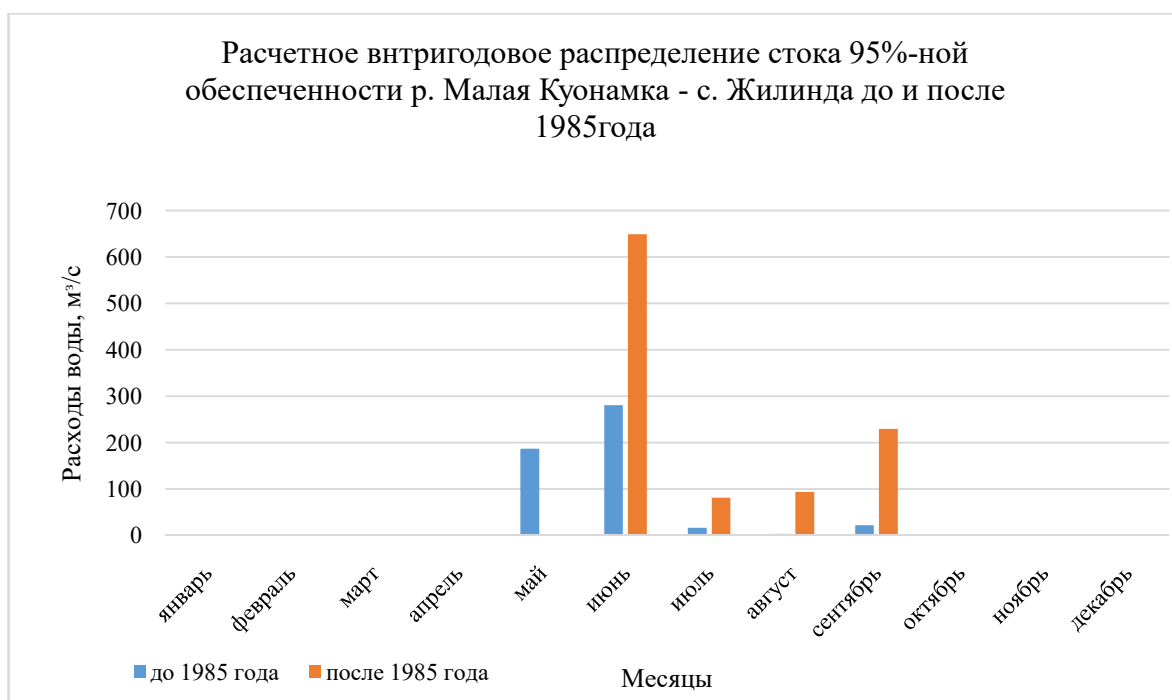


Рисунок 3.2.5 – Расчетное внутригодовое распределение стока 5% и 95%-ной обеспеченности р. Малая Куонамка - с. Жилинда после 1985 года

Период	Нелимитирующий период			Лимитирующий период								ΣQ_r		
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	V	VI	VI	VIII	IX	X	XI	IV	I	II	III	XII		
Год	Маловодный год 1984													
Q_r	187	281	16,6	3,78	22,4	2,44	0	0	0	0	0	0	513	м ³ /с
R_i	36,5	54,8	3,2	0,7	4,4	0,5	0	0	0	0	0	0	100	%
$Q_r.i.$	187	281	16,6	3,78	22,4	2,44	0	0	0	0	0	0	513	м ³ /с
Период	Нелимитирующий период			Лимитирующий период								ΣQ_r		
				Нелимитирующий сезон				Лимитирующий сезон						
Месяц	V	VI	VI	VIII	IX	X	XI	IV	I	II	III	XII		
Год	маловодный год 1995													
Q_r	0,02	649	81,3	94,1	230	2,56	0	0	0	0	0	0	1057	м ³ /с
R_i	0	61,62	7,46	8,69	21,12	0,05	0	0	0	0	0	0	100	%
$Q_r.i.$	0,02	649	81,3	94,1	230	2,56	0	0	0	0	0	0	1057	м ³ /с

Таблица 12 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 95%-ной обеспеченности по модели реального водохозяйственного года для р.

Малая Куонамка - с. Жилинда после 1985 года

Исходя из данных в таблице 12, можно сделать вывод: сток до 1985 года 95%-ной обеспеченности, составил 95,2%, а после – 14,7%, что свидетельствует об уменьшении стока в период половодья.

В период межени сток до 1985 года составляет 0%, а после 1985 года – 0%, следовательно, изменений не происходило.

Заключение.

В данной квалификационной работе использованы данные наблюдений за стоковыми характеристиками на 5 створах и по 5 метеостанциям Арктической зоны в бассейнах Оби, Лены, Енисея за весь период наблюдений вплоть до 2000 года, опубликованные в открытой печати в виде официальных изданий (Ресурсы поверхностных вод).

Была проведена статистическая обработка рядов стока и проверка на однородность по критериям Стьюдента и Фишера при этом находился год нарушения однородности методом «скользящая точка, период». Анализ наличия статистически значимых изменений выборочных оценок двух начальных моментов вероятностных распределений стока показал, что нарушение стационарности процесса формирования стока на части территории Российской Арктики следует отнести ко второй половине 1980-х годов, по температуре ко второй половине 1970-х годов, а по осадкам единого периода нарушения однородности не выявлено.

Также, был выполнен анализ изменений внутригодового распределения стока рек арктической зоны методом реального года. По створам, где сток однороден были найдены ВГРС за многоводный и маловодный периоды, проведено их сравнение в результате выявлено сток за многоводный период больше, чем маловодный. ВГРС рассчитывалось за весь период наблюдений по 5% и 95%-ной обеспеченности. По створам, где сток не однороден ВГРС рассчитывалось отдельно до и после точки перелома 5% и 95%-ной обеспеченности.

Речной сток реки Норилка в створе Валек 5%-ной обеспеченности до 1980 года – 60,4%, после – 61,4% в период половодья. В период межени – до 1980 года – 11,8%, после – 10,9%.

Речной сток реки Норилка в створе Валек 95%-ной обеспеченности до 1980 года – 68,9%, после – 70,8% в период половодья. В период межени – до 1980 года – 14,3%, после – 12,5%.

Речной сток реки Малая Куонамка в створе Жилинда до 1985 года – 53,9%, после – 31,3% в период половодья. В период межени – до 1985 года – 0,2%, после – 0%.

Речной сток реки Малая Куонамка в створе Жилинда до 1985 года – 95,2%, после – 14,7% в период половодья. В период межени – до и после 1985 года – остался без изменений 0%.

Список использованных источников и литературы

1. World–Globe [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.world-globe.ru/regions/arctic/> (дата обращения 15.01.2017).
2. Решение Государственной комиссии по делам Арктики при Совете Министров СССР от 22 апреля 1989 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/documents/98.html>. (дата обращения 21.05.2017).
3. Постановление Правительства РФ от 21.04.2014 № 366 (ред. от 17.12.2014) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://government.ru/docs/17319/> (дата обращения 01.06.2017).
4. Arctic – info [Электронный ресурс] / Информационное агентство. – М., 2011. – URL: <http://www.arctic-info.ru/regions/> (дата обращения 12.03.2017).
5. Librero.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.librero.ru/phenology/prioda_arktiki](http://www.librero.ru/phenology/priroda_arktiki) (дата обращения 15.01.2017).
6. Education [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.edu.severodvinsk.ru/after_school/obl_www/2012/work/ivanov_m/relef.htm (дата обращения 15.02.2017).
7. Будущее – Арктики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://xn----8sbbmfaxaqb7dzafb4g.xn--plai/klimat-arktiki/> (дата обращения 07.02.2017).
8. География [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/morya-rossijskogo-sektora-arktiki/> (дата обращения 23.04.2017).
9. Вода России. Научно-популярная энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://water-ru.ru> (дата обращения 15.01.2017).
10. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологических данных информации // Уч. Пособие Спб: издательство РГМУ 2001 167 с. (дата обращения 10.12.2016).
11. Бураков Д.А. Основы гидрологических прогнозов объема и максимума весеннего половодья в лесной зоне Западно-Сибирской равнины //

Вопросы географии Сибири. Вып.11. Томск, 1978 б. С. 3-49. (дата обращения 10.12.2016).

12. Хаустов, В.А. Чувствительность вероятностных характеристик максимального стока к антропогенным изменениям климата [Текст] / В.А. Хаустов // (дата обращения 04.04.2017).

Труды международной научной конференции. – М: Россельхозакадемия, 2006. – С.129–133. (дата обращения 04.04.2017).

13. Коваленко, В.В. Моделирование гидрологических процессов [Текст]:учебник. – Изд. 2-е, испр. и доп. / В.В. Коваленко, Н.В. Викторова, Е.В. Гайдукова. –СПб.: Изд. РГГМУ, 2006.–559 с (дата обращения 11.04.2017)

14. Викторова, Н.В. Исследование применимости стохастической модели формирования летне–осеннего и зимнего минимального стока для оценки для оценки гидрологических последствий антропогенного изменения климата [Текст] / Автореф. дисс... канд. техн. наук: 25.00.27: защищена 25.05.2002 /Викторова Наталья Владимировна. – СПб.: РГГМУ, 2002. – 19с. (дата обращения 11.04.2017).

15. Пространственно–временные колебания стока рек СССР [Текст] / Под ред. А.В. Рождественского. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 375 с. (дата обращения 12.04.2017).

16. Методические рекомендации по оценки однородности гидрологических характеристик и определении их расчетных значений по неоднородным данным[Текст]. – СПб.: Нестор История, 2010. – 162 с.73 (дата обращения 12.04.2017).

17. Рождественский, А.В. Обобщение критериев Стьюдента и Фишера на случай коррелированных во времени и пространстве гидрологических характеристик[Текст] / А.В. Рождественский, А.В. Сахарюк // Труды И, 1981, Вып. 282. – С. 51–71. (дата обращения 15.04.2017).

18. Васильев, А.А. Учет неустойчивости характеристик максимального стока весеннего половодья при мостовом проектировании [Текст]: Автореф.

дис. канд. техн. наук: 25.00.27: защищена 06.05.2005 / Васильев Александр Александрович. – СПб: РГГМУ, 2005. – 18 с. (дата обращения 15.05.2017).

19. Roeckner, E. Climate projections for the 21st century [Текст] / E. Roeckner, G.Brasseur, M. Giorgetta, D. Jacob, J. Jungclaus, C. Reick. – Hamburg: Max–Planck–Institut fuer Meteorologie, 2006. – 28 p. (дата обращения 15.05.2017).

20. Методические указания по дисциплине «Гидрологические расчеты», часть I. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 52 с. (дата обращения 06.06.2017).

Приложение А Исходные данные

Таблица А. 1 Восстановленные данные р. Полуй – с. Полуй с 1953 по1999гг.

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1953	41,9	32,3	32,5	35,9	325	151	208	69,9	82,9	106	49	35,9
1954	35,1	32,7	28,3	36,6	285	183	93,1	86,1	117	117	69,3	44,9
1955	36	34,3	29,6	56,8	371	215	137	78,1	75	76,2	63,6	37,8
1956	28,8	24,4	23,7	24,2	267	245	148	169	145	148	60,3	42,2
1957	37,3	32,9	30,7	29	493	337	185	95,5	109	146	59,6	35,7
1958	31,6	29,6	23,6	25,6	108	672	235	159	132	148	83,9	51,8
1959	42,8	37,2	33	32,4	347	640	109	83,7	114	73,4	34,7	69,9
1960	66,7	51,6	31	35	176	446	101	66,2	76,7	72,6	46,6	36,5
1961	30,8	29,4	31	34,7	173	574	227	75,1	65,6	48,7	53,2	40,5
1962	34,3	31,7	32,6	37,7	529	189	140	171	179	118	43,8	42,7
1963	39,3	38,5	33,1	37,6	311	608	136	91,1	87,3	105	61,3	50,5
1964	43,8	40,5	31,5	29,8	340	411	106	88,3	215	113	65,7	47
1965	38,4	31,9	29,5	29,8	153	549	267	221	167	199	108	59,9
1966	45,6	40,2	33,8	35	201	795	240	128	185	165	68,1	58,8
1967	40,1	37,8	36	86,3	582	195	172	95,5	69,2	102	82,4	50,7
1968	42	32,1	32,7	35,9	382	421	260	159	134	105	64,3	35,3
1969	28,8	23	21,9	24,4	57,8	509	202	82,7	89,8	61	47,3	38,4
1970	28,4	23,2	22,9	23,1	44	606	246	108	87,1	73,5	48,3	39
1971	33,9	28,8	23,3	24	135	842	347	128	232	117	75,1	52,8
1972	39,4	32,7	30,4	30,2	35,4	777	163	258	175	156	90,7	59,3
1973	44,3	38	37,2	61,1	369	358	151	152	276	111	68,3	51,5
1974	41,4	36,3	33,9	33,2	123	647	292	105	258	125	58,4	45,2
1975	37,8	33,8	31,9	30,2	105	811	260	208	195	119	75,1	49,5
1976	34,3	31,7	32,6	36,2	286	320	182	65,9	58	61,6	45,6	40,4
1977	39,7	31,1	28,5	37	772	250	123	76,4	83,3	70,6	68,5	53,8
1978	42,8	40,3	37	34,8	34,5	698	319	167	107	135	92,1	59,6
1979	44	37	31,8	31,9	522	665	366	433	271	154	91,5	64,5
1980	51	41	37,2	28,6	370	233	127	82,6	128	122	66,1	50,9
1981	41,4	40,3	36,9	35	64,3	630	149	112	170	97,3	62,7	51,2
1982	35,8	38,7	35,2	43,6	569	285	120	110	118	82,4	58,3	49,9
1983	44,6	44,1	38,7	36,5	53,8	702	209	89,3	87,5	105	86,4	62,6
1984	49,4	39,2	36,5	34	264	299	254	124	153	80,1	56,3	45,5
1985	35,5	32,7	30	30,7	84,6	680	214	178	98,6	148	78,3	52,6
1986	46,4	43,1	37,5	35,3	209	493	301	250	170	190	114	61,9
1987	39	35,1	37,9	44,9	210	358	171	98,6	107	99,2	68,1	48,2
1988	39,5	34,9	34,6	33,7	261	303	80,8	77,5	126	145	66,8	50,4
1989	43,2	34,3	32,3	36,9	427	431	93,7	68,5	74,8	71,3	62,3	48,2
1990	39,8	34	32,3	34,3	475	244	91,4	58,7	124	91,6	69,6	56
1991	42,9	41,9	38,5	72,6	653	169	99,5	71,2	76,2	138	99,4	52,6
1992	31,5	29,7	27	25	373	212	148	91,4	106	77,7	65,4	46,9
1993	43,6	41,1	38,4	37,3	47	652	165	94,1	121	195	111	59,7
1994	46,8	40,3	34,9	31,8	210	624	160	127	72	72,7	76,3	44,4
1995	39,8	40	39,6	268	294	166	102	85,9	118	87,8	84,9	57,9
1996	44,4	40,6	34,3	33,2	211	516	170	154	114	102	88	58,6
1997	38,2	30	28,3	152	415	224	212	113	93,4	82,7	75,9	58,7
1998	42,8	37,2	33	32,4	347	640	109	83,7	114	73,4	34,7	69,9
1999	39,1	35	31,6	27,8	69,9	761	144	94,6	93,7	92,3	71	35,5

Таблица А.2 Восстановленные данные р. Малая Куонамка – с. Жилинда с 1944 по 1999 гг.

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1944	0	0	0	0	0	1000	490	499	151	24,9	6,02	0,055
1945	0	0	0	0	70,2	778	16,5	47,2	42,9	5,27	0,14	0
1946	0	0	0	0	1,48	502	33,4	6,7	4,23	0,76	0	0
1947	0	0	0	0	598	346	123	95,2	84,7	12,7	2,3	0,01
1948	0	0	0	0	27,3	691	244	111	49,9	19,6	3,71	0,16
1949	0	0	0	0	0	1070	390	143	38,5	3,74	0,59	0,036
1950	0	0	0	0	152	612	406	27,9	43,3	5,55	0,47	0
1951	0	0	0	0	61,1	1140	418	132	134	14,5	1,22	0
1952	0	0	0	0	55,8	890	131	192	31,8	3,66	0	0
1953	0	0	0	0	286	114	19	84,1	163	19,5	1,66	0
1954	0	0	0	0	2,15	666	458	51,4	49,6	6,28	0,22	0
1955	0	0	0	0	252	555	121	159	148	24,3	1,99	0
1956	0	0	0	0	20,6	462	8,15	2,87	2,07	0,33	0	0
1957	0	0	0	0	144	657	15,5	70,3	15,9	0,4	0	0
1958	0	0	0	0	0	641	101	147	60,6	8,42	0,33	0
1959	0	0	0	0	5,4	512	2,77	22,6	49,4	9,39	0,44	0
1960	0	0	0	0	238	175	346	298	41	4,54	0,57	0
1961	0	0	0	0	20,9	442	257	105	75,7	19,8	2,31	0
1962	0	0	0	0	60,9	661	531	496	108	3,84	0,19	0
1963	0	0	0	0	0	784	66,4	16,8	11,5	2,89	0,43	0
1964	0	0	0	0	46,1	957	47,4	189	49	4,56	0,19	0
1965	0	0	0	0	45,6	729	147	10,3	60,6	34,6	5,24	0
1966	0	0	0	0	136	747	274	99	145	12,2	2,84	0
1967	0	0	0	0	11,4	990	7,66	3,99	32	7	0,26	0
1968	0	0	0	0	135	779	51,6	100	45,4	8,04	0,6	0
1969	0	0	0	0	206	528	89,5	141	85,8	56,6	25,2	1,55
1970	0	0	0	0	16,6	917	283	144	120	1,09	5,46	1,43
1971	0	0	0	0	0	734	300	5,98	28,5	5,46	0,39	0,033
1972	0	0	0	0	28,6	647	24,4	2,21	2	0,5	0	0
1973	0	0	0	0	0,6	988	404	97,5	161	9,06	2,81	0,047
1974	0	0	0	0	0	849	510	22,9	6,48	0,09	0	0
1975	0	0	0	0	562	252	42,2	58	11,3	3,13	0,01	0
1976	0	0	0	0	0	549	35,6	33,2	73,4	2,69	0,01	0
1977	0	0	0	0	276	408	82,4	95,6	20,2	4,72	0	0
1978	0	0	0	0	0	809	109	177	43,2	7,65	0,24	0
1979	0	0	0	0	0	343	8,29	10,1	4,66	1,34	0,042	0
1980	0	0	0	0	0	419	152	147	46,5	15,4	0,012	0
1981	0	0	0	0	132	423	31	4,07	24,2	1,2	0	0
1982	0	0	0	0	0	961	247	70	72,9	5,6	0	0
1983	0	0	0	0	230	248	129	162	212	3,48	0,51	0
1984	0	0	0	0	187	281	16,6	3,78	22,4	2,44	0	0
1985	0	0	0	0	2,64	518	55	1,84	204	33,4	0,6	0,074
1986	0	0	0	0	192	569	271	197	75,2	4,69	0,182	0,012
1987	0	0	0	0	0	665	182	8,57	1,98	0,366	0,02	0

Продолжение Таблицы А.2

1988	0	0	0	0	130	455	33,4	24	20,5	18,4	0,993	0,138
1989	0	0	0	0	60,9	661	531	496	108	3,84	0,19	0
1990	0	0	0	0	669	433	28,7	58,2	17,7	0,47	0,031	0
1991	0	0	0	0	152	612	406	27,9	43,3	5,55	0,47	0
1992	0	0	0	0	8,19	960	373	49,4	13,6	0,92	0,053	0
1993	0	0	0	0	392	270	125	288	20,5	0,3	0	0
1994	0	0	0	0	150	765	134	174	86,5	14,7	0	0
1995	0	0	0	0	0,024	649	81,3	94,1	230	2,56	0	0
1996	0	0	0	0	0	1150	239	33,7	24,6	2,06	0	0
1997	0	0	0	0	475	691	325	663	573	26,1	0,007	0
1998	0	0	0	0	0	1020	221	59,7	121	4,77	0,33	0
1999	0	0	0	0	355	518	436	403	145	25,1	0,47	0

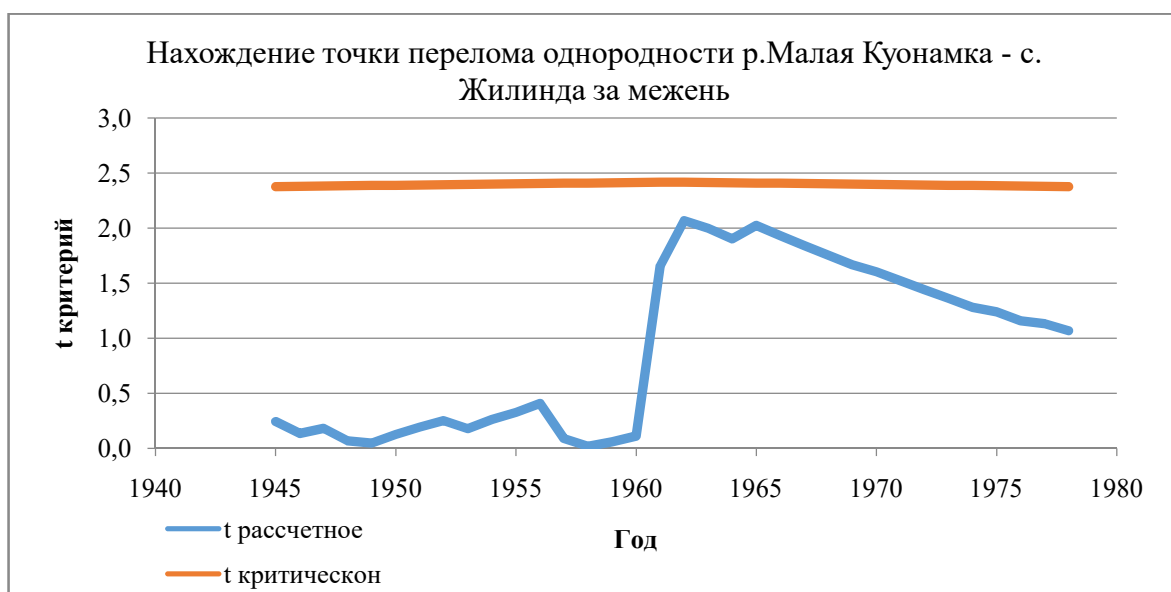
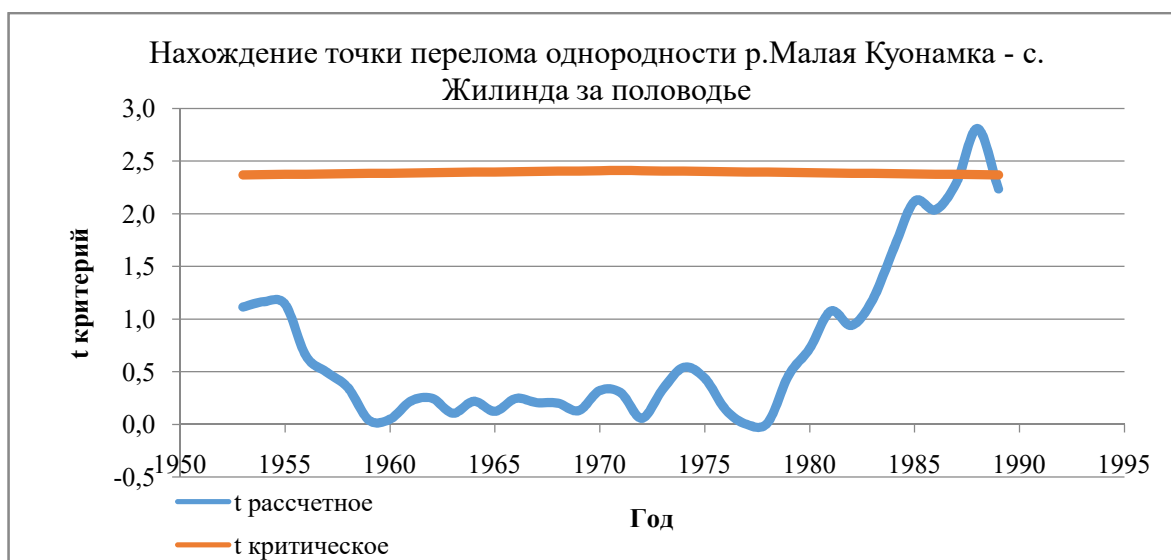
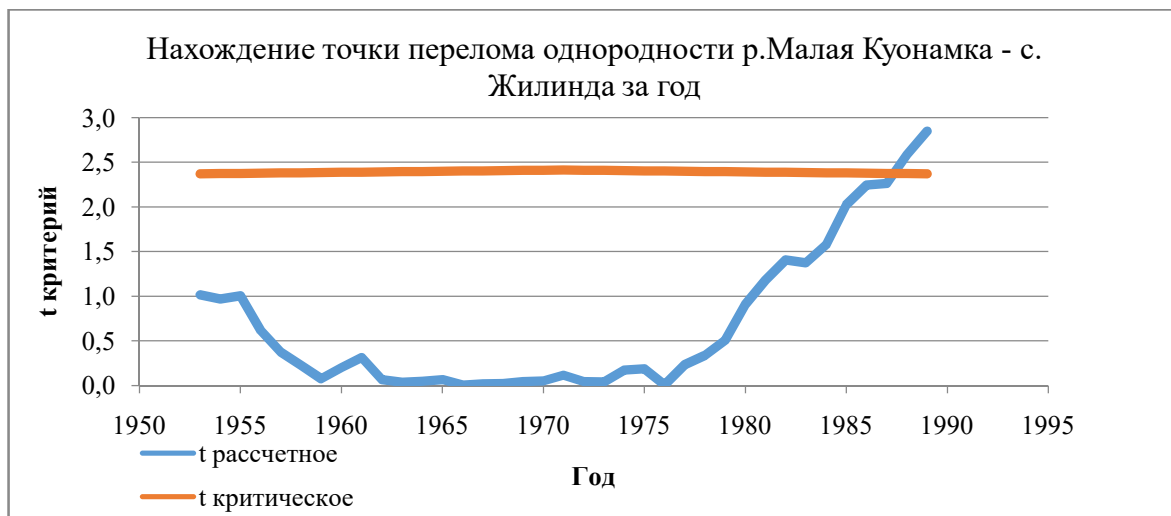
Таблица А.3 Восстановленные данные р. Норилка – с. Валек с 1939 по 1999гг.

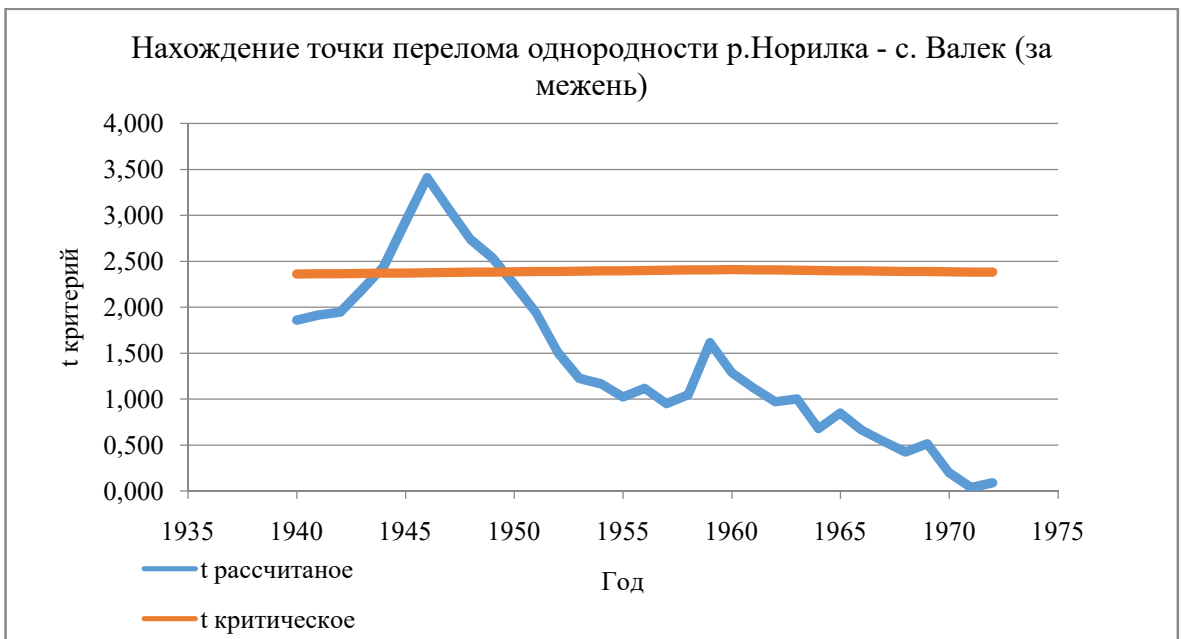
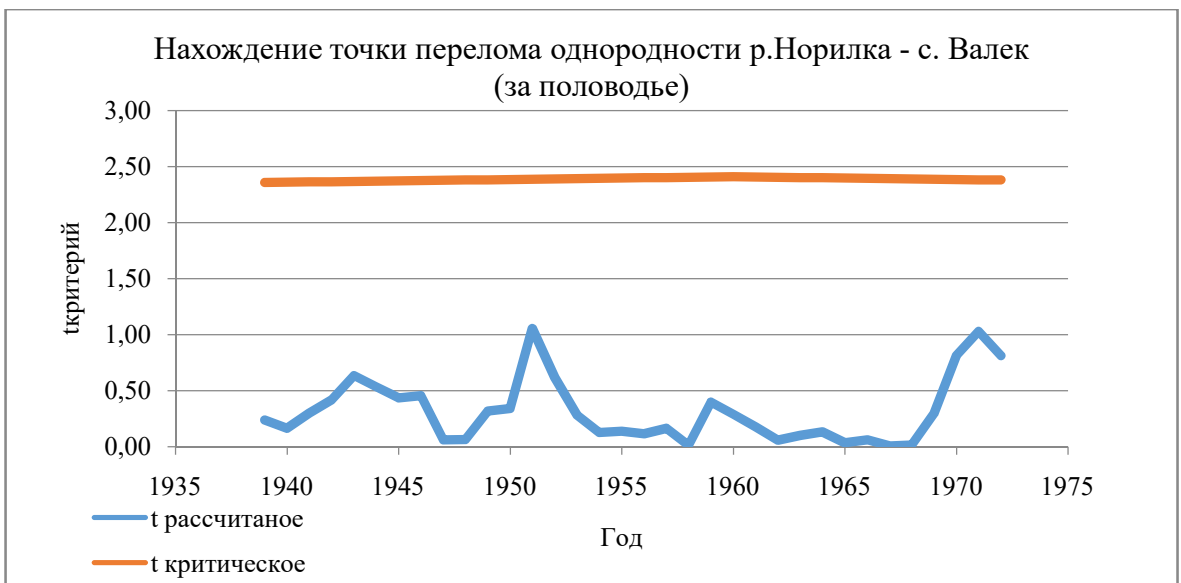
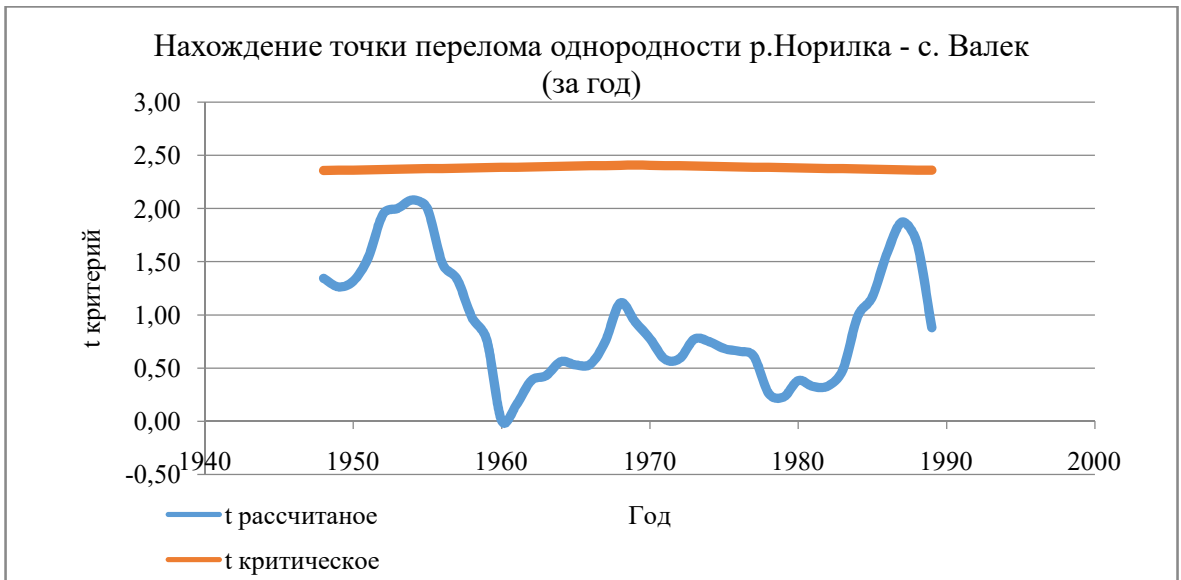
Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1939	120	84,3	62,4	49,1	55,4	1280	1620	944	943	638	307	182
1940	114	70	49	40,3	46,4	1430	1770	888	543	298	163	111
1941	74,9	48,9	30,5	17	188	917	794	608	795	675	427	247
1942	145	99,6	69,8	55	140	1130	1310	876	833	498	236	144
1943	100	78,4	66,5	66,8	140	1090	1460	895	564	617	258	146
1944	146	115	80,5	63	81	1020	1670	1290	1030	770	288	166
1945	124	91,8	73,4	65	244	1830	1040	620	554	410	222	171
1946	118	78,1	54,3	52,4	80,3	659	1580	1040	688	324	197	126
1947	93,8	67,4	44,8	40,1	105	1340	1610	904	649	584	343	202
1948	149	100	77,4	70	77,4	755	1840	909	519	377	233	169
1949	110	91,2	61,7	56	120	927	1340	1060	615	373	243	167
1950	112	83	63	50,2	123	1240	1620	894	544	393	228	167
1951	117	80,5	62,3	58,3	125	856	1610	1270	780	570	277	183
1952	130	96,3	68,1	46,3	79,2	866	1780	1360	1030	612	294	189
1953	123	84	69,7	63,7	170	1340	1190	687	606	667	332	215
1954	143	101	73	62	100	1270	1260	744	692	610	340	213
1955	140	96,3	64,7	58,2	85,9	1130	1630	805	534	284	189	107
1956	81,1	64,4	48,6	40,9	54,4	839	1230	526	319	251	182	119
1957	77,2	61,3	43,7	37,8	46,4	1320	1630	592	384	320	190	126
1958	87	74,7	55,8	37,1	44,3	801	1090	702	620	300	161	125
1959	86,2	58,8	47,6	41,7	47,5	1470	1480	517	262	252	180	111
1960	85	48,9	33,8	29,6	103	806	575	294	236	171	118	82,2
1961	83,9	47,2	43,6	53,4	588	2230	1170	670	428	232	142	97
1962	94,2	65,5	50,9	50,6	60,9	889	2390	1100	639	372	206	149
1963	103	74	46,7	43,3	49,7	994	1940	995	466	363	196	155
1964	84,2	56,9	36,2	25,5	54	555	1800	1140	983	584	239	175
1965	127	76,8	53,6	50,4	65,1	616	1910	1050	505	359	194	130
1966	94,3	60,3	31,1	25,7	39,1	712	1700	994	732	481	255	160
1967	116	79,4	61,8	55,6	161	1420	1700	703	467	655	373	245

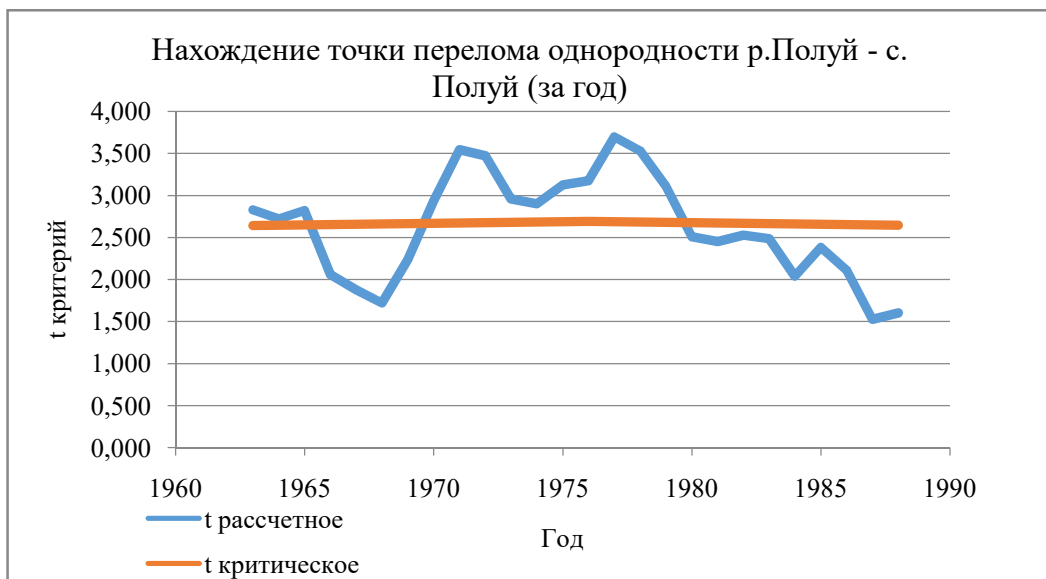
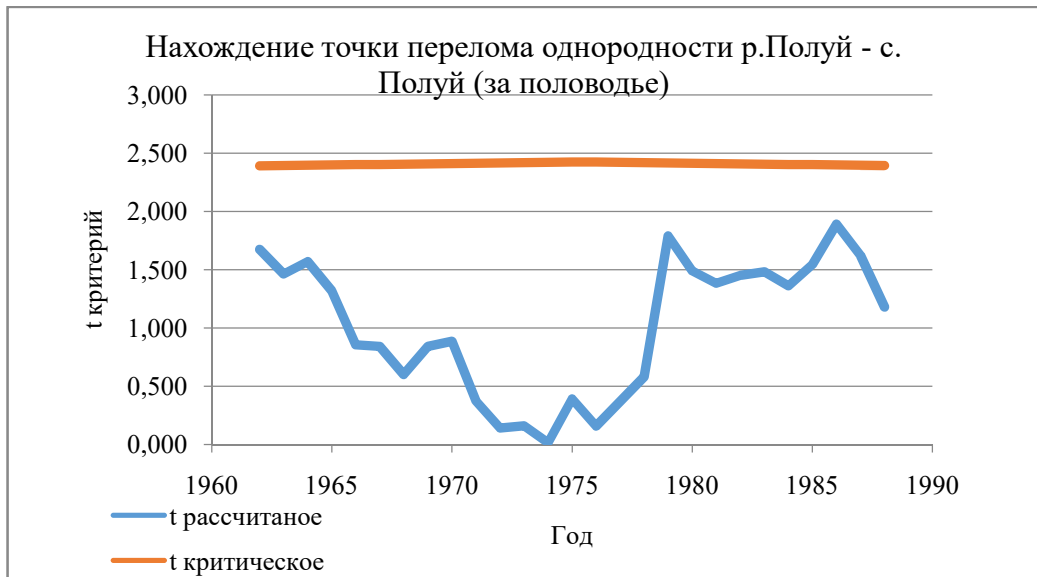
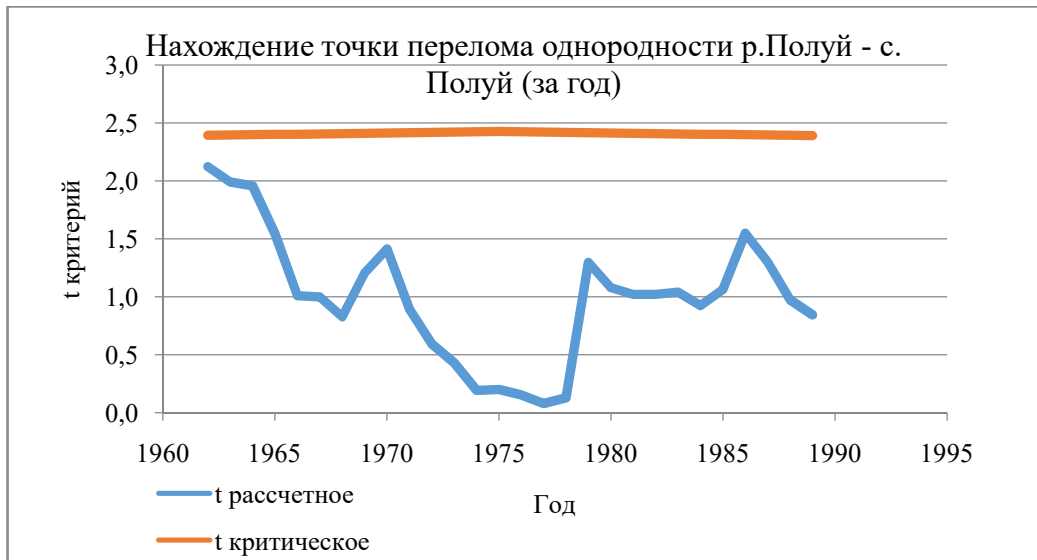
Продолжение Таблицы А.3

1968	152	107	79,6	66,5	61,4	255	2400	1950	826	366	189	102
1969	61,1	35,8	24,6	24,2	65,7	774	1500	959	566	292	165	134
1970	93,5	62,3	53,1	52,4	46,8	551	1750	937	486	313	188	130
1971	86,9	60,6	50,6	34,5	53,9	663	1240	1000	586	367	229	162
1972	106	73,6	57,1	46,2	47,4	1350	1690	911	514	228	145	89,6
1973	69,8	54,8	46,8	44,9	54,7	699	1520	1390	1020	531	298	170
1974	111	73,7	59,9	55,1	69,9	795	1260	1200	806	404	195	114
1975	78,7	56,1	47,6	40,5	75	1330	1510	729	451	343	194	136
1976	94,1	59,6	48,8	49,2	80,6	1050	1610	702	730	383	194	134
1977	93,2	63	51,1	50,9	92,4	1010	1600	827	502	360	235	171
1978	113	79,6	63,4	55,9	66,4	714	1290	792	357	212	146	104
1979	76	55,7	34,8	36,3	55,4	900	903	455	407	305	169	129
1980	91,4	70,8	53,1	45	52,1	752	1390	898	575	411	242	141
1981	107	85,6	64,9	55,1	57,9	1320	1960	797	423	261	184	138
1982	101	78,9	49,4	39	57,2	1200	1800	799	527	274	179	140
1983	127	96,3	67,4	52,8	95,8	1100	1430	702	523	284	178	107
1984	81,3	64,4	46,9	42,6	58,9	867	1130	562	319	255	154	114
1985	77,2	61,3	43,7	37,8	46,4	1320	1630	529	384	301	189	123
1986	85,9	77,1	55,8	37,1	44,3	801	1094	702	612	322	165	134
1987	86,8	59,3	47,6	41,7	47,5	1470	1487	512	256	286	175	121
1988	61,7	62,7	48,7	46,1	129	1150	1100	737	849	988	480	287
1989	173	130	47,1	56,3	114	534	1900	2080	1390	638	296	179
1990	92,1	62,7	48,4	31,9	110	1240	1510	804	495	548	343	197
1991	96,3	79,3	49,2	40,5	98,9	995	1230	526	319	251	182	119
1992	102,2	85,6	53,1	46,8	74,6	796	1620	670	428	232	142	97
1993	115	88,5	69,4	58,5	63,1	1260	2610	1140	562	324	140	552
1994	80,7	57,6	61,7	58,8	68,6	1240	1800	794	697	495	286	187
1995	137	98,6	79,4	69,6	66,7	764	2640	2270	908	397	221	136
1996	97,5	75,6	71,8	59,8	56,8	640	1990	1010	431	283	152	120
1997	90,3	68	57	74,6	273	958	1820	1070	479	423	229	134
1998	86,8	66,4	58,2	53,4	62,3	831	2050	1060	534	249	140	88,2
1999	63,6	52	45,3	39,8	205	896	1130	747	548	388	215	171

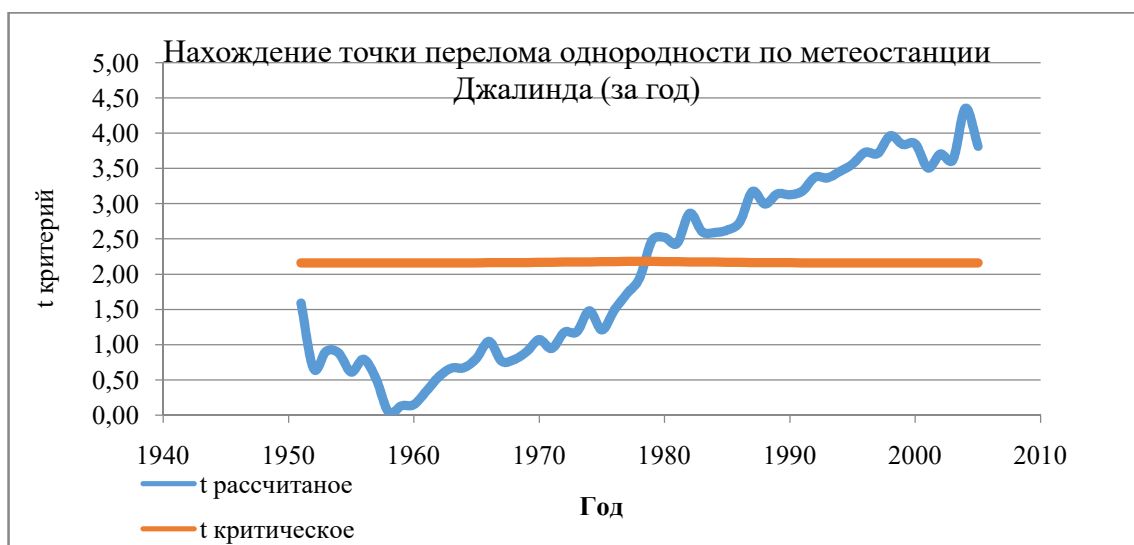
Приложение Б Расчет значения критерия Стьюдента на основе «скользящей точки» (по створам)





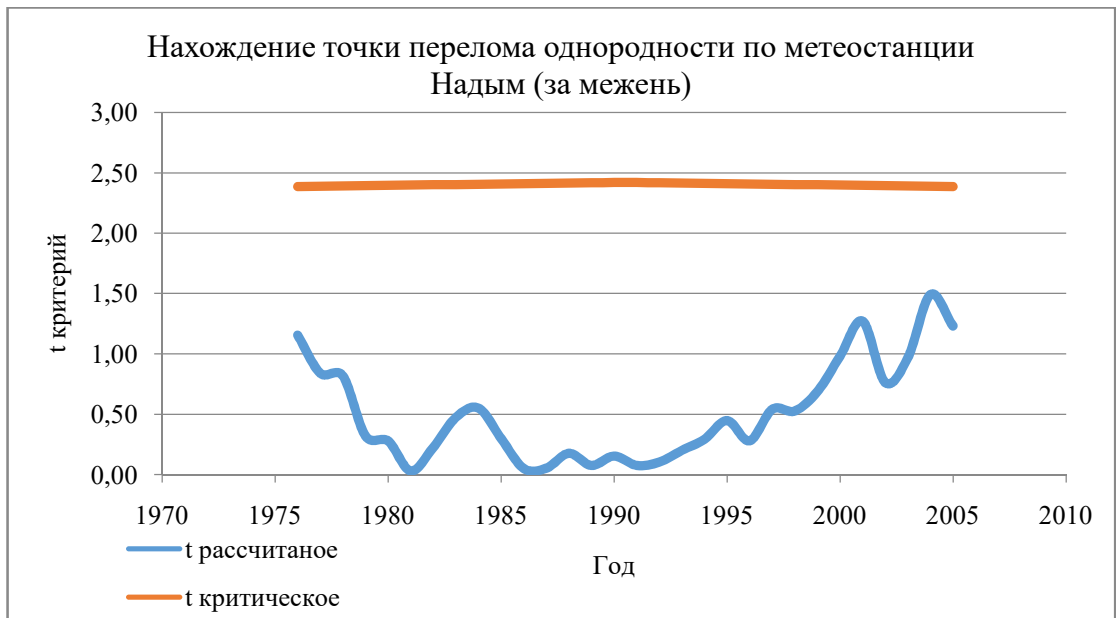


Расчет значения критерия Стьюдента на основе «скользящей точки» (по температуре)



Расчет значения критерия Стьюдента на основе «скользящей точки» (по осадкам)

Так как по осадкам нарушения по однородности не выявлено, для примера рассмотрим метеостанцию Надым и Саскалык.



Отчет о проверке № 1

дата выгрузки: 16.06.2017 06:54:27
пользователь: bagrova.alena@mail.ru / ID: 4428110
отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат»
на сайте <http://www.antiplagiat.ru>

Оригинальность: 71.75%

Заимствования: 28.25%

Цитирование: 0%

Информация о документе

№ документа: 14
Имя исходного файла: ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА СТОКА РЕК АРКТИКИ.docx
Размер текста: 4464 кБ
Тип документа: Не указано
Символов в тексте: 61849
Слов в тексте: 6449
Число предложений: 430

Информация об отчете

Дата: Отчет от 16.06.2017 06:54:28 - Последний готовый отчет
Комментарии: не указано
Оценка оригинальности: 71.75%
Заимствования: 28.25%
Цитирование: 0%

Источники

Доля в тексте	Источник	Ссылка	Дата	Найдено в
9.62%	[1] Text_Shevnina.pdf	http://rshu.ru	11.11.2016	Модуль поиска Интернет
9.31%	[2] арктика	http://worklib.ru	23.02.2017	Модуль поиска Интернет
9.31%	[3] АРКТИКА	http://aggregateria.com	29.12.2016	Модуль поиска Интернет
